REVUE GÉNÉRALE

DES SCIENCES

PURES ET APPLIQUÉES

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER

LA THÉORIE MATHÉMATIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

1. En publiant les *Leçons sur la théorie mathématique de l'Electricité* (1), qu'il a professées l'année dernière au Collège de France, M. J. Bertrand s'est proposé d'exposer, d'une façon aussi simple que possible, les fondements les plus essentiels de la Science et leurs principales applications.

« Sans sacrifier, dit-il, dans la préface, la ri-
« gueur au désir de simplifier ou d'abréger, j'ai
« choisi toujours la voie la plus directe ; je crois
« l'avoir souvent simplifiée; il m'a suffi quelquefois
« de supprimer les formules inutiles. »

Et, en effet, ce qui frappe tout d'abord dans cet Ouvrage, ce n'est pas seulement l'élégance du style et des démonstrations qu'on attend tout naturellement du maître qui l'a écrit, mais l'extrême sobriété dans l'emploi du calcul et, en particulier, du calcul intégral.

Les théories générales sont illustrées, soit par des exercices, soit, le plus souvent, par des applications utiles dans la pratique.

L'auteur s'est interdit deux théories dont il ne méconnaît pas l'intérêt, ni même l'utilité provisoire, mais qu'il ne juge pas assez bien acquises pour rentrer dans le cadre d'une théorie mathématique : c'est la théorie des diélectriques et la théorie, prise dans toute sa généralité, des courants dans des conducteurs à une ou plusieurs dimensions, fixes ou mobiles.

La division de l'ouvrage est des plus simples : treize chapitres, dont il ne me paraît pas inutile de donner d'abord les titres :

I. Attraction des sphères; II. La fonction potentielle; III. Surfaces sans action sur les points intérieurs ; IV. Les lignes de forces.

Ces quatre premiers chapitres forment, comme on le voit, une sorte d'introduction où sont exposées les propriétés générales des forces inversement proportionnelles aux carrés des distances, indépendamment de toute application.

Les applications viennent ensuite :

V. L'électrostatique; VI. Les aimants; VII. Les courants ; VIII. Les actions électro-magnétiques ; IX. Les actions électro-dynamiques ; X. Quelques applications ; XI. Théorie de l'induction ; XII. Machines électro-magnétiques ; XIII. Les unités électriques.

Chaque chapitre est précédé, non seulement d'un sommaire détaillé des matières qui en font l'objet, mais de quelques réflexions indiquant l'esprit dans lequel elles ont été traitées.

Je ne crois pas pouvoir mieux rendre hommage à l'auteur de ce beau livre, et au livre lui-même, qu'en essayant de l'analyser chapitre par chapitre.

I

ATTRACTION DES SPHÈRES

2. Après avoir rappelé la définition et les premières propriétés de la fonction des forces qu'il nomme *potentiel*, dans le cas particulier des forces inversement proportionnelles aux carrés des dis-

(1) 1 vol. in-8°, Paris 1890, Gauthier-Villars.

tances (1) et celles de *la fonction potentielle* ou potentiel relatif à un point, M. J. Bertrand donne, par des considérations géométriques immédiates, le potentiel d'une surface sphérique homogène, relativement à un point pris dans son intérieur, et il en déduit, aussi sans calcul, le potentiel relatif à un point extérieur à l'aide des points conjugués, c'est-à-dire en regardant la sphère comme le lieu des points dont le rapport des distances à deux points fixes est constant. Il obtient ainsi très facilement les théorèmes classiques de Newton.

Après avoir vérifié que le potentiel ne change pas brusquement quand on traverse la surface, mais qu'il en est autrement de l'attraction, il montre, de suite, que cette double propriété appartient au potentiel et à l'attraction d'une surface quelconque.

De la surface sphérique on passe à la sphère pleine et annulaire.

Le chapitre est complété par quelques exercices très intéressants, notamment celui de la couche sphérique qui attire les points extérieurs comme si sa masse était concentrée en un point autre que son centre, emprunté à W. Thomson.

Je me permettrai une observation de détail. M. J. Bertrand prend soin de bien faire ressortir que la méthode qui lui permet de passer du potentiel de la surface sphérique relatif à un point intérieur, à son potentiel relatif à un point extérieur, est spéciale à cette surface. Mais, en insistant sur ce point, il me semble avoir un peu dépassé sa pensée lorsque (page 8), il dit : « Les deux problèmes « relatifs aux points intérieurs et extérieurs sont, « en général, de difficulté inégale, et celui des « deux qu'on a pu résoudre ne peut servir en rien « à la solution de l'autre. »

« Les surfaces sphériques font exception, etc. »

Quand on a trouvé le potentiel d'une surface fermée quelconque relatif aux points intérieurs, par exemple, et, par suite, relativement aux points de la surface même, le potentiel relatif aux points extérieurs est, par cela même, complètement déterminé ainsi qu'il est établi au § 21 de ces leçons.

Il est donc *possible* (je ne dis pas facile) de faire, pour toutes les surfaces, ce que M. J. Bertrand a fait pour la sphère, c'est-à-dire de déduire le potentiel relatif aux points extérieurs de celui relatif aux points intérieurs.

On ne peut donc pas dire, au moins en principe, que la connaissance de ce dernier ne puisse servir en rien à la solution du premier, ni que la sphère, à ce point de vue, constitue une exception.

(1) Le potentiel ainsi entendu est donc, au signe près, *l'énergie potentielle* du système attirant.

II

LA FONCTION POTENTIELLE

3. Ce qui a permis à M. J. Bertrand de présenter, sous une forme très simple, beaucoup de démonstrations, notamment en ce qui touche le potentiel, c'est que toutes les propriétés du potentiel qui se rapportent aux points extérieurs au corps attirant, sont exprimées par des équations linéaires et homogènes relativement aux particules qui le composent.

Il en résulte qu'il suffit de les démontrer pour une seule particule et, alors, elles sont, en général, évidentes. Dans ce cas se trouvent :

1° L'équation de Laplace ;

2° Le célèbre théorème de Gauss consistant en ce que la moyenne des valeurs d'un potentiel relativement aux divers points d'une surface sphérique, coïncide avec sa valeur au centre de la surface, pourvu que celle-ci ne rencontre pas la masse attirante, théorème que M. J. Bertrand montre, du reste, ne pas différer, au fond, du précédent.

Il est donc certain que tout ce qu'on peut déduire de l'un se déduirait aussi de l'autre, mais avec quelle différence ! Le théorème de Gauss donne, en quelque sorte à vue, les corollaires suivants :

a) Le potentiel d'un corps relativement à un point extérieur ne peut avoir ni maximum ni minimum.

b) Si le potentiel d'un corps est constant relativement à tous les points d'une surface fermée qui ne renferme aucune partie du corps, il est constant dans tout l'espace limité par la surface.

c) Si le potentiel d'un corps contenu tout entier dans une surface fermée est nul relativement à tous les points de la surface, il l'est relativement à tous les points extérieurs à cette surface.

d) Si deux corps contenus tout entiers dans une surface fermée ont mêmes potentiels relativement à tous les points de cette surface, ils ont mêmes potentiels relativement à tous les points extérieurs à cette surface, et, par suite, mêmes masses.

e) Si deux corps placés tous deux à l'extérieur d'une surface fermée ont mêmes potentiels relativement à tous les points de la surface, ils ont mêmes potentiels relativement à tous les points intérieurs à cette surface.

f) On pourrait ajouter le théorème de Green tellement capital que M. J. Bertrand lui consacre le chapitre suivant, et qui est la suite immédiate des deux précédents.

Or, le théorème 2°, qui met ainsi en pleine lumière les conséquences que nous venons de résumer, est absolument évident quand le corps considéré se réduit à un point, et il est même manifeste que,

dans ce cas, il ne diffère pas de cette proposition de Newton : que le potentiel d'une surface sphérique homogène relativement à un point extérieur est le même que si toute la surface était concentrée en son centre.

Etant ainsi évident pour un point, il l'est pour un corps composé d'un nombre quelconque de points.

M. J. Bertrand l'établit un peu différemment à l'aide d'une identité de Gauss, dont il tire souvent parti.

3° On peut ajouter comme se déduisant simplement du cas où la masse attirante se réduit à un point, cet autre théorème de Gauss extrêmement utile aussi, que la somme

$$\int \frac{\partial V}{\partial n} d\sigma$$

des composantes normales des actions exercées sur tous les éléments $d\sigma$ d'une surface fermée quelconque à laquelle on attribuerait la densité uniforme 1, est nulle si aucune partie du corps ne se trouve à l'intérieur de la surface.

Ce théorème aussi est équivalent à l'équation de Laplace, dont M. J. Bertrand le déduit par des intégrations partielles que la démonstration directe de Gauss évite, mais qui sont si utiles à connaître que je ne suis pas surpris que l'auteur se soit un instant départi, pour en donner un exemple, de son principe d'éviter les intégrales non indispensables.

4. Les énoncés de ces divers théorèmes se modifient quand on envisage le potentiel relativement à des points faisant partie du corps attirant. Mais les deux théorèmes de Gauss peuvent toujours se démontrer simplement.

L'équation de Laplace se transforme en celle de Poisson que M. J. Bertrand établit par le procédé dû à Gauss qui consiste à le vérifier, ce qui est immédiat, pour la sphère homogène. Par là, il se trouve tout démontré pour tout corps homogène, et, par une extension facile, pour les corps quelconques.

5. C'est, d'ailleurs, toujours à l'immortel Mémoire de Gauss (1) qu'il convient de revenir en cette importante et délicate matière. C'est d'après lui aussi que M. J. Bertrand établit ce théorème, fondement de l'Electrostatique, comme de plusieurs branches de l'Analyse et de la Physique mathématique : On peut toujours, et d'une seule manière, répartir une masse attirante sur une surface fermée donnée, ou plus généralement sur les surfaces fermées limitant un espace à connexité multiple, de façon que le potentiel de la masse soit arbitrairement donné en chaque point de ces surfaces (1).

(1) Allgemeine Lehrsätze in beziehung auf die im verkehrten Verhältniss des quadrats der Entfernung wirkenden Anziehungs und Abstossungskräfte.

III

SURFACES SANS ACTION SUR LES POINTS INTÉRIEURS

6. Ce magnifique théorème paraissait comme un défi jeté aux géomètres. Il leur indiquait qu'un problème est possible ; il est capital en électricité et sa solution restait inaccessible sauf dans le cas d'une sphère.

Le cas où il serait le plus utile d'en connaître la solution, c'est celui où on demanderait de distribuer la matière sur les surfaces données, de façon que son potentiel reste constant en tous les points de chacune d'elles.

Poisson, dans son magistral mémoire sur la distribution de l'électricité sur deux sphères, l'a résolu pour deux pareilles surfaces.

Les travaux de Maclaurin, de Legendre, de Gauss, d'Ivory, etc., sur l'attraction des ellipsoïdes ont permis de le résoudre pour un ellipsoïde.

Le théorème suivant, dû à Green, en donne une infinité de solutions nouvelles :

Si, sur une surface de niveau

$$V = C$$

supposée formée d'une masse attirante quelconque, on répartit une couche de matière, en lui donnant, en chaque point, la densité superficielle :

$$\rho = -\frac{1}{4\pi}\frac{\partial V}{\partial n}$$

n étant la normale extérieure, cette couche de matière exerce, sur les points extérieurs à la surface, la même action que la partie de la masse attirante placée dans son intérieur et sur les points intérieurs à la surface, une action égale et contraire à celle exercée par la partie de la masse qui lui est extérieure.

Si donc la masse attirante est tout entière à l'intérieur de la surface, la couche de matière répartie sur celle-ci n'exercera aucune action sur les points qui lui sont intérieurs, son potentiel

(1) On sait que Dirichlet a, depuis, donné de cette proposition, une autre démonstration basée sur le célèbre théorème qui porte son nom.

Les deux démonstrations supposent l'existence d'un maximum ou d'un minimum, existence au sujet de laquelle les géomètres, dans leurs exigences actuelles de rigueur, ont fait certaines réserves. Mais c'est là une discussion de pure analyse qui n'aurait pas sa place ici.

sera donc constant en ces points et, par suite, sur la surface elle-même.

Le problème de répartir une couche de matière de façon à remplir cette dernière condition est donc résolu, toutes les fois qu'on connaît les surfaces de niveau, c'est-à-dire la fonction potentielle V d'une masse attirante donnée. Or, il suffit de former cette masse avec un nombre limité de points pour que sa fonction potentielle s'obtienne sans intégration. On a donc ainsi la solution immédiate du problème dans un nombre illimité de cas.

Tout le reste du chapitre est consacré à des applications destinées à montrer le parti qu'on peut tirer de ce beau résultat, d'autant plus remarquable qu'il fournit en même temps, sans intégration, l'attraction de la couche sur tous les points de l'espace.

Il est à peine besoin d'observer toutefois que le théorème ne fournit aucun moyen d'aborder de front la difficulté du problème *direct* consistant à distribuer la matière sur une *surface donnée* d'avance. Celui-ci n'a été attaqué que par Poisson.

IV

LIGNES DE FORCE

7. Nous appelons l'attention sur ce chapitre très bref et très instructif. On sait le rôle capital et éminemment pratique que jouent, depuis Faraday, les lignes de force dans les applications de l'Électricité et de l'Électro-magnétisme.

Que les lignes de force, c'est-à-dire les trajectoires orthogonales des surfaces de niveau donnent, en chaque point de l'espace, la *direction* de l'action exercée en ce point, cela est évident; mais Faraday leur fait aussi représenter la grandeur de cette action, ou, comme on dit, la grandeur du *champ électrique* ou *magnétique* lorsque les actions sont dues à l'électricité ou au magnétisme. Il mesure cette grandeur par le *nombre* des lignes de force qui traversent une surface donnée.

M. J. Bertrand montre que cette mesure est parfaitement exacte, mais seulement pour les actions inversement proportionnelles aux carrés des distances.

D'autre part, quand un fil conducteur, traversé par un courant électrique, se déplace dans un champ magnétique, il éprouve une résistance, et on dit que le travail de cette résistance est mesurable par le nombre de lignes de force que le courant rencontre pendant son déplacement.

M. J. Bertrand cherche quelle est la loi la plus générale des actions entre courants et aimants pour laquelle cette proposition est exacte, et il trouve que c'est la loi déduite de celle de Biot et Savart, c'est-à-dire celle qu'on admet réellement comme existant entre un pôle magnétique et un élément de courant.

Ces quelques considérations, d'ailleurs très simples, sont de nature à rendre très précise la notion si utile des lignes de force.

V

ÉLECTROSTATIQUE

8. En général, on ne rappelle pas assez les principes de l'Électrostatique tels qu'ils ont été établis par Coulomb et développés mathématiquement par Poisson.

M. J. Bertrand n'a pas failli à cette tâche et quoique je trouve le procès qu'il fait à ces principes un peu sévère, sa discussion n'en est pas moins instructive.

Je commencerai par examiner ses objections.

Pour que les fluides électriques contenus à l'intérieur d'un corps conducteur soient en équilibre sous l'action de forces électriques quelconques, il faut et il suffit que le potentiel de ces forces soit constant relativement à tous les points de la surface du conducteur.

Alors il sera constant aussi dans tout l'intérieur de ce corps.

Que la condition soit suffisante, cela est évident, parce que, si elle est remplie, la résultante des actions en un point quelconque du conducteur est nulle.

Elle est aussi nécessaire: «En effet,» dit Coulomb dans un passage reproduit par M. J. Bertrand, « si « les actions en un point d'une masse métallique « avaient une résultante différente de zéro, les « molécules de fluides contraires qui, par hypo- « thèse, se trouvent accumulées et réunies en « chaque point de la masse, seraient sollicitées par « des forces égales et contraires qui provoque- « raient la séparation et détruiraient l'équilibre. »

M. J. Bertrand ne trouve pas l'assertion évidente : « Les fluides de noms contraires, dit-il, « s'attirent. A distance infiniment petite, l'attrac- « tion est infiniment grande. Pourquoi cette attrac « tion infinie sera-t-elle vaincue par la plus petite « force? »

Cette attraction n'est infinie qu'en apparence ; en fait, elle est infiniment petite ou nulle. Si l'objection était valable, elle vaudrait pour tout point placé à l'intérieur d'une masse attirante continue, et cela n'est pas, comme on sait, et comme cela est établi aux § 28 et suivants des Leçons de M. J. Bertrand qui, du reste, semble lui-même ne pas insister lorsqu'il dit : « Il faut ajouter, pour mettre en pré- « sence tous les éléments de la question, que la « masse attirante pour chaque portion d'électricité, « mise en liberté, est infiniment petite. »

M. J. Bertrand fait encore une autre observation : « Les fluides de même nom se repoussent; « *on conçoit donc*, dit Coulomb, que le fluide libre « sera transporté à la surface du corps où il sera « retenu par l'air environnant. »

« Cette raison sommaire, dit M. J. Bertrand, ne « peut suffire. Les molécules des gaz se repoussent; « on ne les voit pas, pour cela, s'accumuler à la « surface du vase qui les contient.

« Le transport de l'électricité à la surface est, « en réalité, dans la théorie de Poisson, accepté « comme une vérité d'expérience. »

Que la raison sommaire donnée par Coulomb ne soit pas probante ; c'est certain ; mais la théorie de Poisson ne me semble pas être dans le même cas, puisque c'est l'équation même de Poisson :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = -4\bar{\omega}\rho,$$

qui montre que si le potentiel V est constant et, par suite, ses dérivées nulles à l'intérieur du conducteur, il en est de même de la densité électrique ρ.

C'est parce que le potentiel des actions entre molécules gazeuses n'obéit pas à une équation comme celle-ci que, malgré leur action répulsive, elles ne se portent pas toutes à la surface de l'enceinte qui les renferme.

Je crois donc que les raisonnements réunis de Coulomb et Poisson sont suffisants, étant admise l'hypothèse des deux fluides.

Cela n'ôte d'ailleurs rien à l'utilité de l'exercice qui consiste à montrer, comme le fait M. J. Bertrand, et comme l'a fait Maxwell que, si on admet à titre de fait expérimental, que le fluide se porte à la surface des conducteurs, la loi de Coulomb s'ensuit.

Du théorème énoncé au commencement de ce paragraphe, il résulte que si un nombre quelconque de conducteurs chargés à des potentiels donnés, sont soumis à leurs actions mutuelles et aux actions de masses électriques fixes, la densité de la couche qui se formera à la surface de chacun d'eux devra être telle que son potentiel ait, en chaque point de la surface, une valeur donnée.

Or, nous avons vu que les couches satisfaisant à ces conditions existent, et que le problème consistant à les trouver n'a qu'une solution. Ainsi, des conducteurs mis en leur présence mutuelle et en présence d'isolants électrisés finissent toujours par se mettre en équilibre électrique et ils n'admettent qu'un seul état d'équilibre.

Cela est encore vrai si, au lieu d'être chargés à des potentiels donnés, ils sont chargés de masses électriques données.

Si les conducteurs ne sont soumis qu'à leurs actions mutuelles, le potentiel de chacune des couches qui se forment doit être constant en tous les points de la surface qu'elle recouvre.

Le théorème de Green permet alors de résoudre le problème dans une infinité de cas. Parmi les exemples qu'en donne M. J. Bertrand, je citerai d'abord celui, dû à Maxwell, d'un corps limité par deux calottes sphériques se coupant à angle droit.

La couche électrique sur chaque sphère est formée d'une partie constante et d'une partie inversement proportionnelle au cube de la distance à un point fixe.

Sur la circonférence d'intersection des deux calottes, la densité de la couche est nulle.

Lorsqu'on a plus d'un conducteur, la difficulté du problème direct de la distribution n'a, en réalité, comme nous l'avons dit plus haut, pu être vaincue que dans un seul cas : celui de deux conducteurs sphériques, et c'est à Poisson qu'on doit cette belle solution. M. J. Bertrand donne et établit très élégamment les résultats numériques les plus intéressants du mémoire de son illustre devancier.

9. Dans ce qui précède, on a implicitement supposé les conducteurs pleins.

Le cas où ils sont évidés s'y ramène immédiatement comme l'a indiqué, pour la première fois, Faraday par une divination que la théorie mathématique confirme. Sous la désignation 1^{r}, 2^{e}, 3^{e}, 4^{e} théorème de Faraday, M. J. Bertrand établit des résultats qui peuvent se résumer en ceci :

1° Si un conducteur chargé d'une masse électrique E porte une ou plusieurs cavités dans lesquelles sont placés des isolants fixes chargés en tout d'une masse électrique M, sa surface extérieure se recouvre d'une couche électrique identique à celle qui se produirait s'il était plein et chargé de la masse électrique totale E + M.

Son action sur les corps extérieurs est aussi pareille à celle du conducteur plein.

Sur la surface intérieure se dépose une couche de masse — M équilibrée par l'isolant + M.

2° Les corps extérieurs agissent sur un conducteur creux comme s'il était plein.

Ainsi, supposons deux conducteurs creux portant dans leurs cavités respectives des masses électriques + M et — M. On les réunit par un fil. Qu'arrivera-t-il ? Il arrivera, d'après 1°, que le système sera neutre.

Viennent ensuite quelques théorèmes de Maxwell dont le plus important pourrait s'énoncer ainsi : Si l'on a un système de conducteurs chargés de masses électriques données $E_1, E_2, E_3 \ldots$ d'où résulte sur chacun d'eux un potentiel constant V_1, V_2, $V_3 \ldots$ l'énergie potentielle W du système est une fonc-

tion homogène et du second degré des masses E_i, dont les dérivées partielles $\frac{\partial W}{\partial E_i}$ donnent les potentiels V_i ou inversement, W est une fonction homogène du second degré des potentiels V_i dont les dérivées donnent les masses E_i.

Enfin le chapitre se termine par une théorie très simple de la bouteille de Leyde, abstraction faite de l'influence du diélectrique.

VI

LES AIMANTS

10. Ce chapitre contient des indications sommaires sur la théorie de Poisson et sur le magnétisme terrestre. On y montre, d'après Gauss, comment, la composante horizontale de l'action terrestre suivant le méridien étant donnée, la composante perpendiculaire s'ensuit.

M. J. Bertrand fait observer qu'il est inutile que les méridiens soient issus du pôle magnétique terrestre. Ils peuvent partir d'un point fixe quelconque sans que le résultat soit modifié, ce qui le rend pratique.

VII

LES COURANTS

11. Ce chapitre contient les premières notions générales sur les courants; les conditions de rupture d'équilibre pour les produire; les lois d'Ohm et de Joule; les théorèmes de Kirchhoft sur les réseaux de conducteurs et un théorème équivalent dû à Gauss.

Les principes sont appliqués à la recherche du travail électrique maximum pour une force contre-électromotrice donnée, ou pour une résistance donnée ; au problème de Thomson sur le diamètre le plus économique d'un conducteur, enfin aux piles avec éléments assemblés en série ou en quantité.

Il y a une chose que je n'ai pas bien saisie dans ce chapitre; c'est la raison qui, lorsqu'il s'agit des courants, fait que M. J. Bertrand préfère le mot *tension* au mot *potentiel*. Je crois qu'on peut conserver le mot potentiel avec le sens qu'il a en électricité statique.

VIII

LES ACTIONS ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

12. Ce chapitre est un des plus élégants du volume. On peut le lire d'un bout à l'autre sans mettre la plume à la main, et, par la façon dont on y passe des lignes de force à l'angle solide de Gauss, il ne peut que causer une égale satisfaction aux Ingénieurs et aux hommes de science.

Après avoir indiqué les expériences qui conduisent à admettre la loi élémentaire de Biot et Savart pour l'action d'un pôle magnétique sur un élément de courant, et à admettre que la réaction de l'élément de courant sur le pôle est égale et contraire à l'action, c'est-à-dire doit être regardée comme appliquée à l'élément lui-même, on en déduit aussitôt que la règle de Biot et Savart s'étend à un champ magnétique quelconque, ce qui permet d'écrire les composantes de l'action d'un champ magnétique sur un élément de courant (1).

On montre ensuite qu'un circuit fermé plongé dans un champ magnétique a un potentiel qui n'est autre que le nombre des lignes de force qui le traversent.

Si le champ se réduit à un pôle μ, ce potentiel devient l'angle du cône ayant ce même point μ pour sommet et le circuit pour directrice.

On en déduit : 1° que si le circuit est infiniment petit, il produit la même action qu'une aiguille aimantée infiniment petite ; 2° que si le circuit est fini, il équivaut à un feuillet aimanté; 3° qu'un solénoïde équivaut à une ligne aimantée.

IX

LES ACTIONS ÉLECTRO-DYNAMIQUES

13. Ce chapitre est aussi élégant et aussi intéressant que le précédent.

C'est Ampère, comme on sait, qui a donné le premier une loi des actions entre deux éléments de courant expliquant tous les faits connus. Depuis, on a reconnu qu'il en existe une infinité d'autres remplissant la même condition. Parmi elles, il y en a une plus simple que les autres et, à certains points de vue, plus vraisemblable, attribuée, en France du moins, à Reynaud.

---

(1) Lorsque, il y a quelques années, j'ai exposé cette théorie, quand j'avais l'honneur de suppléer M. J. Bertrand, j'ai énoncé la loi de Biot et Savart ainsi. Soit μ un pôle magnétique et $ab = d\sigma$, un élément linéaire traversé, de a vers b, par un courant d'intensité I, et soit r la distance entre les points μ et a.

L'action du pôle μ sur l'élément ds est égale en grandeur, direction et sens, au moment de la force $\frac{I\mu}{r^2}$ issue de l'origine a de cet élément, par rapport à son extrémité b. D'où on conclut sans autre explication en vertu du théorème sur les moments des lignes concourantes, que l'action d'un champ magnétique représenté en a, par la force G est en grandeur, direction et sens, le moment de la force IG par rapport au point b, les moments étant portés à la gauche de l'observateur dirigé suivant la force, ce qui donne, par la formule classique des moments, les composantes de l'action cherchée, sans ambiguïté de signe.

M. J. Bertrand observe qu'elle a été donnée par Gauss et aussi, ce qui est beaucoup moins connu, par Ampère lui-même. Seulement Ampère la rejetait comme contraire au principe de l'action et de la réaction qu'à tort ou à raison il regardait comme aussi inséparable des actions à distance que des actions au contact.

M. J. Bertrand donne d'abord un moyen très ingénieux d'arriver à cette loi. Il consiste à attribuer à chaque élément d'un courant les propriétés électro-magnétiques que nous avons reconnues à un courant fermé.

Il passe ensuite à la recherche de la loi d'Ampère. Il montre qu'en admettant, avec l'égalité de l'action et de la réaction, ce fait qu'un courant fermé infiniment petit (courant élémentaire) exerce sur un élément de courant une action normale à ce dernier, ce qui est établi puisqu'un courant élémentaire équivaut à une petite aiguille aimantée, on arrive à la loi d'Ampère, à une fonction arbitraire près de la distance entre les deux éléments de courant en présence.

Puis, en invoquant les résultats obtenus sur les solénoïdes, on détermine la formule, à un facteur près, qui ne dépend que des unités adoptées.

14. On sait que Gauss a pensé à expliquer les phénomènes électriques en attribuant à deux particules électriques en mouvement une action dépendant non seulement de leur distance, mais aussi de leur vitesse. Cette action aurait pour expression :

$$T = \frac{ee'}{r^2}\left\{1 + k\left[u^2 - \frac{3}{2}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2\right]\right\}$$

e, e' étant les masses de deux particules en mouvement; r, leur distance à l'instant t; u, leur vitesse relative à ce même instant.

En considérant un courant électrique comme produit par deux flux, l'un de fluide positif, l'autre de fluide négatif, cheminant avec des vitesses en chaque point égales et contraires, on déduit de là, pour l'action de deux éléments de courant, la loi d'Ampère.

Depuis, Weber a proposé à la place de la formule de Gauss, la suivante :

$$T = \frac{ee'}{r^2}\left\{1 + k\left[r\frac{d^2r}{dr^2} - \frac{1}{2}\left(\frac{dr}{dr^2}\right)^2\right]\right\}$$

qui conduit au même résultat.

M. J. Bertrand observe que, pour deux particules, e et e' assujetties à suivre deux lignes droites avec des vitesses constantes, les deux lois sont identiques.

Cette remarque de M. J. Bertrand explique que les deux formules doivent donner des résultats identiques, si on les applique aux courants.

Mais il est évident qu'elles n'en sont pas moins différentes pour deux points libres, et celle de Gauss paraît, en ce cas, inadmissible comme contraire au principe de la conservation de l'énergie, tandis que celle de Weber y satisfait, car sa force T dérive du potentiel

$$V = \frac{ee'}{r}\left[\frac{K}{2}\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 - 1\right].$$

Cette circonstance ne paraît pas toucher M. J. Bertrand : « En admettant, dit-il, ce qui « semble bien loin d'être justifié, qu'il y ait lieu de « choisir entre les deux formules, l'existence d'un « potentiel semble une circonstance fort indifférente. La raison pour laquelle, en effet, un potentiel est présenté comme une condition nécessaire, a pour origine l'impossibilité acceptée du « mouvement perpétuel.

« Pourquoi d'ailleurs repousser l'idée du mouvement perpétuel, quand il s'agit de l'action mutuelle des courants? Un travail continuel, nous « l'avons souvent répété, est nécessaire pour entretenir un courant; pourquoi ce travail n'engendrerait-il pas une force vive toujours croissante? »

L'objection ne me semble pas porter; car il s'agit ici d'une loi qui, si elle est exacte, doit être universelle et applicable non seulement à des particules faisant partie d'un courant linéaire, mais à deux particules libres et en mouvement sous leurs seules actions mutuelles comme deux corps célestes le sont sous les actions newtoniennes et, par conséquent, on ne peut pas admettre une loi qui, comme celle de Gauss, conduirait alors au mouvement perpétuel; tandis qu'on peut, à ce point de vue, accepter celle de Weber.

X

QUELQUES APPLICATIONS

15. On trouve, dans ce chapitre, des applications des deux précédents :

L'action du magnétisme terrestre sur un courant plan mobile autour d'un axe.

L'action d'un courant circulaire sur un pôle magnétique situé sur son axe. On en déduit le principe du marteau pilon électrique de M. Marcel Deprez; enfin, les actions mutuelles de deux courants élémentaires ou de deux aimants infiniment petits.

XI

THÉORIE DE L'INDUCTION

16. M. J. Bertrand montre d'abord par quelques calculs simples, que si deux courants s'approchent ou s'éloignent l'un de l'autre, il doit se produire quelque modification intérieure dans chacun d'eux.

En langage ordinaire, sa démonstration peut, je crois, être présentée ainsi :

Considérons deux courants constants dont les circuits sont fixes. Pour maintenir chaque courant constant, on dépense un travail qu'on peut *exactement récupérer* sous forme de chaleur, dans son circuit.

Laissons à présent l'un des deux circuits libre de se mouvoir, l'autre étant maintenu fixe.

Le circuit mobile s'approchera ou s'éloignera du circuit fixe sous l'influence des actions électrodynamiques qu'ils exercent l'un sur l'autre ; il se produira ainsi un travail positif, que j'appellerai $\mathfrak{T}$.

Si, par suite du mouvement qui occasionne ce travail, rien n'était changé dans les circuits, ni les intensités des courants, ni la chaleur qui en résulte, ce travail $\mathfrak{T}$ pourrait être récupéré en sus de celui qu'on dépense pour entretenir les courants ; ce serait la solution du mouvement perpétuel.

On doit donc admettre que le déplacement des circuits produit quelque modification dans l'état des fluides qui les traverse.

Ce qui se produit, on le sait, depuis les expériences de Faraday : c'est une modification dans les intensités des courants, et uniquement cela.

En admettant qu'il en soit ainsi, le principe de l'énergie suffit à déterminer *a priori* les lois du phénomène.

Mais M. J. Bertrand pense qu'on ne peut pas être certain *a priori* qu'il ne se produise pas autre chose, par exemple une modification dans l'état calorifique des circuits, *sans modification correspondante dans les courants*, ce qui rendrait le principe de l'énergie impuissant à résoudre, à lui seul, le problème sans le concours de l'expérience.

On ne se compromet pas beaucoup aujourd'hui en affirmant que cela n'est pas probable. Je le crois cependant ; car si, dans toutes les circonstances imaginables, on a reconnu qu'un courant I traversant une résistance R produit une quantité de chaleur RI^2, il n'est pas vraisemblable qu'il en soit autrement ici et qu'ici il produise une quantité de chaleur moindre $RI^2 - x$.

La discussion de M. J. Bertrand n'en est pas moins instructive pour le lecteur qu'elle amène à envisager la question de l'induction sous toutes ses faces.

Une fois admis que la variation des courants est la seule chose qui se produira, l'auteur en déduit très rapidement, et sous forme élégante, les lois de l'induction. Il les énonce à l'aide des lignes de force et applique les résultats à quelques exemples.

Au point de vue purement théorique, l'expression, due à F. Newmann, de ces mêmes lois déduite de celle de l'énergie potentielle de l'ensemble des deux courants eût rendu le § 160 plus saisissant.

XII

MACHINES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

17. Ce chapitre renferme les applications des théories qui précèdent à une étude sommaire et très facile à suivre des principales machines électromagnétiques et même électro-dynamiques, depuis celle de Pixii et Clarke jusqu'à celle de Gramme.

On y trouve également des notions premières sur la théorie du transport de la force, ainsi que la théorie du double enroulement, de M. Marcel Deprez.

XIII

LES UNITÉS ÉLECTRIQUES

18. Je ne voudrais pas déflorer ce beau chapitre, en essayant de le résumer.

On a souvent, dans ces dernières années, exposé la théorie des unités électriques. L'exposition qu'on trouvera ici n'est pas inférieure à ce qu'on pouvait attendre du maître qui, bien avant qu'on s'occupât de ces questions, a su tirer si fréquemment et si ingénieusement parti des principes d'homogénéité en mécanique et en physique mathématique et, en particulier, en électricité, notamment dans la question des courants dans les lignes télégraphiques ; je désire laisser au lecteur le plaisir de savourer ce chapitre.

19. Si je ne suis pas resté trop inférieur à la tâche que je me suis imposée, j'aurai fait comprendre aux jeunes savants, comme aux Ingénieurs qui désirent se consacrer à l'étude de l'Électricité que, dans ce volume de moins de 300 pages, ne renfermant pas un seul calcul laborieux, où les principes sont toujours élucidés par des exemples discutés avec soin, dont l'impression, d'ailleurs, est en tous points digne du texte, ils trouveront un enseignement aussi solide que fécond.

Maurice Lévy,
Membre de l'Institut.

NOUVELLE THÉORIE DE LA FABRICATION DE L'ACIDE SULFURIQUE

La fabrication de l'acide sulfurique a une importance telle qu'elle régit pour ainsi dire toutes les industries chimiques. Aussi l'a-t-on de tout temps étudiée avec le plus grand soin au point de vue pratique et théorique. Par des perfectionnements successifs, on est arrivé à obtenir un rendement qui peut dépasser 95 % et laisse de ce côté bien peu d'améliorations à désirer.

Les savants les plus distingués depuis Gay-Lussac se sont occupés de la théorie de l'acide sulfurique, et, comme il arrive souvent en science, chaque génération a donné des formules qui ont été complétées par la génération suivante, désireuse d'expliquer les faits qui viennent dans toute étude s'accumuler par la suite du temps. A l'encontre de ce qu'on observe presque toujours, les perfectionnements industriels ont devancé de beaucoup ceux de la théorie, de sorte qu'aujourd'hui, en présence d'hypothèses nouvelles, on se demande ce que l'on doit penser au sujet de ces réactions réputées classiques qui se passent dans les chambres de plomb où l'acide sulfurique prend naissance.

I

Tout le monde sait que l'acide sulfureux provenant de la combustion du soufre ou des pyrites se transforme en acide sulfurique *par oxydation* quand on le met en présence de l'oxygène de *l'air* et de deux auxiliaires indispensables : la *vapeur d'eau* et l'*acide azotique*.

L'acide sulfureux, l'oxygène et l'eau sont consommés réellement dans cette opération; à eux trois ils forment le poids d'acide sulfurique produit, comme si l'équation de ce travail était simplement :

$$(1) \qquad SO^2 + O + H^2O = SO^2 \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix}.$$

L'acide azotique, toujours présent pendant la transformation, ne s'use pas; il semble qu'il aille et vienne entre les molécules à combiner comme une navette entre des fils, et c'est l'explication exacte de son rôle qui est difficile.

D'après la supposition la plus simple, les acides sulfureux SO^2 et azotique AzO^3H réagissent tout d'abord selon l'équation que voici :

$$(2) \qquad \left[SO^2 + \begin{matrix} HO \\ HO \end{matrix} \middle| \begin{matrix} AzO^2 \\ AzO^2 \end{matrix} \right] = SO^2 \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix} + 2AzO^2.$$

Après cette première récolte d'acide sulfurique, qui reste acquise, l'acide hypoazotique AzO^2, rencontrant de la vapeur d'eau, revient en partie à l'état d'acide azotique dont on connaît maintenant l'action, et forme en outre du bioxyde d'azote AzO.

$$(3) \qquad 3AzO^2 + H^2O = 2AzO^3H + AzO.$$

Ce dernier se combine directement à l'air et redevient ce qu'il était précédemment : AzO^2.

$$(4) \qquad AzO + O = AzO^2$$

Le cycle est établi; on conçoit que les choses puissent marcher indéfiniment; AzO est l'agent qui prend l'oxygène de l'air pour le porter sur l'acide sulfureux : il s'oxyde et se réduit sans cesse. Ces formules bien connues paraissent être les plus anciennes qu'on ait données. Mais depuis longtemps déjà on a expliqué les faits un peu différemment. La vapeur nitreuse AzO^2, formée dans la première phase que l'on continue à admettre, ferait, d'après cette théorie, de l'acide azotique et de l'acide azoteux, AzO^2H, en agissant sur l'eau :

$$(5) \qquad \left[\begin{matrix} AzO^2 \\ AzO^2 \end{matrix} + \begin{matrix} OH \\ H \end{matrix} \right] = \begin{matrix} AzO^3H \\ AzO^2H \end{matrix}.$$

Nous passerons sous silence l'action de l'acide azotique ainsi recupéré : elle est formulée plus haut (2); mais l'acide azoteux est capable aussi d'oxyder l'acide sulfureux :

$$(6) \qquad \left[SO^2 + \begin{matrix} HO \\ HO \end{matrix} \middle| \begin{matrix} AzO \\ AzO \end{matrix} \right] = SO^2 \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix} + \begin{matrix} AzO \\ AzO \end{matrix}$$

et, comme l'équation le montre, il se forme, en même temps que de l'acide sulfurique, du bioxyde d'azote AzO, qui rentre dans la circulation en s'oxydant, comme d'usage, au contact de l'air (4).

En ces matières on ne peut être exclusif. Sans doute les deux théories ont raison à la fois et toutes les réactions qui viennent d'être rappelées se passent dans ces vastes chambres de plomb où le mouvement causé par l'arrivée et la condensation incessante du gaz fait changer en tout point la composition du milieu. Et, même en admettant les deux théories, on ne fait pas encore toutes les hypothèses possibles sur ce qui peut se passer. On est certainement incomplet, car on ne s'explique

pas pourquoi, dans ce milieu artificiel créé en vue d'une oxydation complète de l'acide sulfureux, il se fait des produits de réduction totale de l'acide azotique comme l'ammoniaque, et des dérivés à peine moins réduits comme l'hydroxylamine. On a constaté bien nettement la présence de ces matières dans l'acide sulfurique d'industrie, sans l'expliquer jusqu'à présent.

On sait depuis longtemps d'ailleurs que l'acide sulfureux et l'acide azoteux — dont l'existence dans les chambres est établie — réagissent pour donner des corps fort complexes, découverts par M. Frémy en 1845 : les *dérivés sulfazotés*.

II

Qu'il nous soit permis de faire une digression sur cet intéressant sujet encore peu connu et d'écrire les formules de façon à le rendre un peu moins obscur. En chimie on peut, sous certaines conditions, disposer de l'ordre des facteurs.

Si l'on développe la formule AzO^2H de l'acide azoteux, en l'hydratant en même temps, on aura l'acide azoteux hydraté $Az(OH)^3$ à symétrie ternaire comme l'ammoniaque $Az(H)^3$:

(7) $$\underbrace{HOAzO}_{\text{Acide azoteux}} + \underbrace{\begin{matrix}OH\\H\end{matrix}}_{\text{Eau}} = \underbrace{HOAz\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}}_{\text{Acide azoteux hydraté}}.$$

Entre un tel acide et l'ammoniaque existent d'ailleurs des intermédiaires, dont l'un est bien connu : l'hydroxylamine ou oxyammoniaque :

$$\underbrace{\begin{matrix}OH\\AzOH\\OH\end{matrix}}_{\text{Acide azoteux}} \qquad \underbrace{\begin{matrix}OH\\AzOH\\H\end{matrix}}_{\text{Dihydroxylamine}}$$

$$\underbrace{\begin{matrix}OH\\AzH\\H\end{matrix}}_{\text{Hydroxylamine}} \qquad \underbrace{\begin{matrix}H\\AzH\\H\end{matrix}}_{\text{Ammoniaque}}.$$

On sait que l'ammoniaque et l'hydroxylamine peuvent fixer de l'acide sulfureux par simple addition pour former des sels. Cela n'est pas surprenant puisque l'ammoniaque est une base et l'hydroxylamine une base encore, à peine atténuée par la seule fonction d'acide (OH) qu'elle porte. Mais l'acide sulfureux peut encore agir sur les corps tels que l'acide azoteux ; la combinaison, qui se fait cette fois avec séparation d'eau, engendre des acides mixtes azoto-sulfureux :

(8) $$OHAz\begin{matrix}\boxed{OH\quad H}\\OH\end{matrix} + \underbrace{SO^2OH}_{\text{Acide sulfureux}} = \underbrace{OHAz\begin{matrix}SO^2OH\\OH\end{matrix}}_{\text{Acide dihydroxylamine-sulfonique}} + H^2O.$$

On conçoit que cette séparation d'eau se puisse faire non seulement sur le premier (OH) de l'acide azoteux, mais sur les deux autres et aussi sur ceux de la dihydroxylamine et de l'hydroxylamine. On aura ainsi des acides tels que :

$$\underbrace{\begin{matrix}SO^2OH\\AzSO^2OH\\OH\end{matrix}}_{\text{Acide hydroxylamine disulfonique}} \qquad \underbrace{\begin{matrix}SO^2OH\\AzSO^2OH\\SO^2OH\end{matrix}}_{\text{Acide nitrilosulfonique}}$$

$$\underbrace{\begin{matrix}SO^2OH\\AzSO^2OH\\H\end{matrix}}_{\text{Acide imidosulfonique}} \qquad \underbrace{\begin{matrix}SO^2OH\\AzH\\H\end{matrix}}_{\text{Acide amidosulfonique}}$$

Plusieurs de ces acides étant polybasiques, c'est-à-dire à plusieurs fonctions OH salifiables, leurs sels sont le plus souvent fort complexes. Ils sont loin d'ailleurs d'être tous connus, car il s'agit ici de la question obscure encore des *sels sulfazotés*, mais on peut s'expliquer leurs transformations progressives aboutissant aux sels d'hydroxylamine et d'ammoniaque qu'on trouve dans les chambres de plomb comme les derniers témoins de leur action transitoire. En effet, l'eau peut dédoubler les corps sulfazotés de telle sorte qu'une partie de son hydrogène venant remplacer les groupes sulfureux, l'acide azoteux primitif se réduise jusqu'à l'état d'ammoniaque :

(9) $$OHAz\begin{matrix}\boxed{SO^2OH\quad HO}\,H\\SO^2OH\quad HO\,H\end{matrix} = \underbrace{OHAz\begin{matrix}H\\H\end{matrix}}_{\text{Hydroxylamine}} + 2SO^2\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}.$$

Nous pouvons, après cet exposé nécessaire, revenir à l'acide sulfurique et dire comment M. Raschig (1) a pu expliquer sa production en se servant de formules nouvelles. Selon cet auteur, l'anhydride sulfureux, l'eau et l'acide azotique

(1) *Deutschen chemischen Gesellschaft*, XX, p. 1158.

donnent d'emblée des acides azoteux et sulfurique :

$$(10)\quad SO^2 + \begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}\begin{matrix}H\\H\end{matrix} + \begin{matrix}O\\O\end{matrix} AzOH = SO^2\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix} + \begin{matrix}HO\\HO\end{matrix} AzOH$$

Eau — Acide azotique — Acide azoteux

Cet acide azoteux qui vient d'apparaître et une portion nouvelle d'anhydride sulfureux qui a eu le temps de s'hydrater, réagissent alors selon l'équation (8) ci-dessus et l'acide dihydroxylamine-sulfonique formé est détruit aussitôt par une molécule d'acide azoteux :

$$(11)\quad \begin{matrix}OH\\Az\,O\,H\\OH\end{matrix} + \begin{matrix}SO^2OH\\Az\\H\,O\quad OH\end{matrix} =$$

Acide azoteux — Acide dihydroxylamine-sulfonique

$$= SO^2\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix} + 2AzO + 2H^2O,$$

et AzO rentre dans la circulation par les équations (4) (5) (7). En dernière analyse, en faisant la somme des équations (8) et (10) on trouve, avec l'interprétation de M. Raschig, ce qui suit :

$$2AzO^3H^3 + SO^3H^2 = 2AzO + SO^4H^2, 3H^2O,$$

c'est-à-dire que les acides azoteux et sulfureux hydratés donnent naissance à de l'acide sulfurique trihydraté SO^4H^2, $3H^2O$. Or cet acide a une densité de 1.55; c'est précisément l'acide peu concentré que produisent les chambres de plomb, quand elles fonctionnent bien.

En admettant que la nouvelle théorie que nous venons d'exposer n'explique pas à elle seule la formation de l'acide sulfurique, il ne faut pas moins en tenir compte, car elle explique aisément la formation de dérivés ammoniacaux et se trouve d'accord avec ce fait important que les chambres de plomb sont assujetties à produire de l'acide trihydraté à 1.55 de densité.

A. Étard,
Répétiteur à l'École Polytechnique.

LES DEUX NOUVELLES CARTES GÉOLOGIQUES DE LA FRANCE

« Près de cinquante ans se sont écoulés depuis la publication de la carte géologique de France dressée à l'échelle du 1 : 500,000 par Dufrénoy et Élie de Beaumont; aussi, quel qu'ait été le mérite de cette œuvre magistrale au moment de son apparition, elle n'est plus guère aujourd'hui qu'un document historique, rappelant quel était l'état de nos connaissances géologiques il y a un demi-siècle. » MM. L. Carez et G. Vasseur, auxquels nous empruntons cette citation, — pénétrés de l'importance et de la multiplicité des progrès réalisés par la géologie française depuis 1840, se sont imposé la lourde tâche de coordonner graphiquement l'ensemble des résultats obtenus dans l'intervalle. M. le commandant Prudent venait de terminer pour le Dépôt des Fortifications sa belle carte chorographique au 1 : 500,000, fournissant une base excellente pour reporter les contours géologiques. Commencée dès 1882, l'œuvre de MM. Carez et Vasseur (1) se compose de quarante-huit feuilles, dont la publication, aujourd'hui terminée, a marché sans interruption de 1885 à 1889. Ce travail, qui constitue un véritable monument scientifique, est dû entièrement à l'initiative privée : ce qu'il a fallu de persévérance et d'énergie pour le mener à bonne fin aussi rapidement, malgré des difficultés techniques et matérielles de toutes sortes, c'est ce dont peu de personnes se rendront un compte exact.

(1) Paris, Comptoir géologique du Dr Dagincourt, rue de Tournon. Prix : 200 fr.

I

A peine l'impression de la carte de MM. Carez et Vasseur était-elle commencée, que le Service géologique officiel, sentant lui aussi la nécessité de remplacer l'œuvre de Dufrénoy et Élie de Beaumont, se décidait à entreprendre une compilation nouvelle. Chargé par le ministère des Travaux publics, vers la fin de 1883, de coopérer à la publication de la carte géologique internationale de l'Europe au 1 : 1,500,000, décidée par le Congrès réuni à Bologne en 1881, le Service avait sur MM. Carez et Vasseur l'avantage de pouvoir disposer d'un personnel nombreux d'ingénieurs et de géologues, qui se mirent aussitôt à exécuter une revision générale de la géologie des différentes régions françaises; ce comité de collaborateurs comprenait : MM. Barrois pour la Bretagne, Berge-

ron pour la Montagne-Noire et le Rouergue, Bertrand pour le Jura et la Provence, Dépéret pour le Roussillon, Fabre pour les Cévennes, Fontannes pour le bassin tertiaire du Rhône, Fouqué et Michel-Lévy pour le Massif Central, Gosselet pour l'Ardenne, Jacquot (alors directeur du Service) pour les Pyrénées et le bassin tertiaire du Sud-Ouest, Lecornu pour le Cotentin, Lory pour les Alpes, Potier pour les Alpes-Maritimes et Vélain pour les Vosges. Les explorations une fois terminées, on jugea faire œuvre utile d'anticiper sur la publication de la carte d'Europe, en adoptant l'échelle si commode du millionième; la carte, divisée en quatre feuilles dont la planimétrie a été dressée par M. Thuillier, a paru à la fin de 1888; la modicité du prix fixé par les éditeurs est, on peut le dire, sans précédent dans les annales de l'impression chromolithographique (1). Outre les levés spéciaux des collaborateurs, on a utilisé pour la rédaction définitive de la carte des travaux inédits de MM. Boisselier, Bureau, Collot, Delafond, Genreau, de Grossouvre, Hollande, Kilian, de Launay, Le Verrier, Linder, Mouret, Nentien, Œhlert et Zürcher; une partie de ces documents a d'ailleurs été également communiquée par les auteurs à MM. Carez et Vasseur, qui ont pu ainsi en faire profiter leur méritoire travail, au grand bénéfice de la géologie française.

II

En comparant les deux cartes l'une avec l'autre, on peut se placer soit au point de vue matériel, soit au point de vue scientifique. Sous le rapport de l'exécution technique, l'œuvre de MM. Carez et Vasseur et la carte au millionième constituent certainement, chacune dans son genre, des spécimens remarquables de la chromolithographie contemporaine appliquée à la cartographie géologique; le problème d'une gamme de couleurs en teintes plates, comprenant quarante ou cinquante termes, restera probablement toujours insoluble: on doit reconnaître que, dans les deux cartes, le résultat obtenu à cet égard est aussi satisfaisant que possible.

Pour la série stratifiée, la gamme est la même à partir du Carbonifère inclusivement; c'est celle qu'a adoptée le Congrès de Bologne: les couleurs se suivent dans l'ordre du spectre, du jaune (Tertiaire) au violet (Trias), chacune des couleurs étant subdivisée, sur la carte de MM. Carez et Vasseur, en nuances d'autant plus foncées que les étages correspondants sont plus anciens. Aucune décision n'ayant été prise à Bologne pour les couleurs à affecter aux divisions du groupe primaire, les auteurs de la carte au 1 : 500,000 ont choisi des tons arbitraires; dans la carte au millionième, rédigée seulement après la session du Congrès géologique tenu à Berlin en 1885, on a pu suivre la gamme adoptée provisoirement par la commission de la carte d'Europe; il en résulte pour le groupe primaire quelques différences entre les deux cartes : le Cambrien, le Silurien et le Dévonien figurent respectivement sous des tons rose-brique, rose et brun-rouge sur le 500,000e, et en brun-foncé, vert olive et brun-jaunâtre sur le millionième. Les Schistes Cristallins sont en rose carmin de part et d'autre. Mais, quoique plus petite, la carte officielle y admet trois divisions au lieu de la teinte unique adoptée par MM. Carez et Vasseur.

La différence d'échelle se traduit naturellement par un moins grand nombre de divisions dans la série stratifiée (vingt-quatre contre quarante-cinq). Pour les roches éruptives, le contraste est en sens inverse; comme on pouvait s'y attendre en voyant figurer le nom de M. Michel-Lévy, leur représentation a été sur la carte au millionième l'objet de soins tout particuliers : elles sont réparties en dix-sept groupes, pour lesquels des rouges, des bruns, des jaunes, des verts, des bleus, des violets et des gris ont été mis à contribution : c'est la gamme presque entière, mais beaucoup plus vive que pour la série stratifiée. MM. Carez et Vasseur, fidèles à la tradition presque constante des cartographes, se sont contentés d'une couleur unique, le vermillon, dont cinq nuances, malheureusement difficiles à distinguer, représentent les roches granitiques et les roches acides et basiques anciennes ou récentes.

En général, l'aspect de la carte au millionième est plus éclatant, plus cru; la carte au cinq centmillième, beaucoup plus chargée d'écritures, présente des tons moins heurtés, moins durs pour l'œil. Les principaux contrastes proviennent du mode de coloriage différent des roches volcaniques de l'Auvergne, que font bien ressortir les bleus foncés des basaltes sur la carte officielle, mais dont le rouge de MM. Carez et Vasseur ne tranche pas assez sur le fond rose (cristallin) du Massif Central; les traînées granitiques de la Bretagne sont également mises en évidence avec plus de netteté sur la carte du Service, grâce au ton brun foncé de leur ceinture cambrienne. Dans la gamme adoptée par les deux géologues parisiens, la partie la moins différenciée et en même temps la moins agréable correspond au groupe primaire et à l'ensemble de la série éruptive; aussi les régions où ces formations prédominent sont-elles rendues avec moins de bonheur, et surtout moins de clarté, que dans la petite carte du Ministère des travaux publics (Bretagne, Massif Central, Ardennes et Provinces Rhénanes).

(1) Paris, Baudry et Cie, rue des Saints-Pères. Prix : 9 fr. 50.

Un avantage incontestable de la carte de MM. Carez et Vasseur réside dans la présence d'un dessin topographique très soigné : la carte au millionième ne porte que le tracé de la planimétrie. Une carte géologique sans orographie est un peu comme un corps sans âme ; la plupart des traits de la structure du sol ne deviennent intelligibles qu'avec la connaissance de son relief extérieur. L'exiguïté de l'échelle n'impose pas forcément cette lacune : les ressources de la cartographie contemporaine sont en effet assez nombreuses pour qu'il soit possible de reproduire avec exactitude les principaux accidents topographiques d'une contrée, même quand la réduction est plus grande encore, — nous n'en voulons pour preuves que les admirables cartes des États européens, à l'échelle 1 : 1,500,000, données par Vogel dans le célèbre *Atlas de Stieler*, ou encore, dans un genre différent, la carte de France, moins savamment généralisée, mais plus détaillée, dessinée par le colonel Prudent à l'échelle du millionième pour le grand Atlas de la maison Hachette.

En outre, la carte au millionième étant publiée par le Service chargé du levé de la carte géologique détaillée de la France, ne conviendrait-il pas de transformer la première en tableau d'assemblage de la seconde, et d'y indiquer, au moyen de traits rouges ou bleus, les limites respectives des feuilles du quatre-vingt millième? Cette addition serait fort utile pour tous ceux qui, en maniant la volumineuse collection de la carte détaillée, ont besoin de s'orienter rapidement. On objectera peut-être qu'un semblable réseau quadrillé ne serait pas d'un heureux effet artistique ; mais, dans une œuvre de cette nature, ne faut-il pas être pratique avant tout? L'ancienne carte de Dufrénoy et Elie de Beaumont portait d'ailleurs le tracé du réseau pentagonal sans que ce fût particulièrement désagréable à l'œil.

III

Si de la forme nous passons au fond, il importe d'examiner en premier lieu jusqu'à quel point les deux cartes sont d'accord dans l'interprétation de la géologie de la France et des contrées limitrophes. Une comparaison scrupuleuse permet de constater que sauf pour les Pyrénées l'accord entre les deux documents est à peu près complet ; il y a, il est vrai, de nombreuses différences de détails, soit dans le dessin des contours, soit dans l'attribution des terrains locaux à telle ou telle division de la série stratigraphique générale ; mais là est précisément l'intérêt de cette double publication simultanée : *indiquer aux géologues quelles sont les questions d'intérêt régional dont la solution définitive est encore à trouver*. A cet égard, nous citerons les dépôts d'*argile à silex*, si développés à la surface des plateaux crayeux du pourtour du bassin parisien : on sait que Dufrénoy et Elie de Beaumont, assimilant à tort cette formation aux *argiles à meulières* aquitaniennes des environs de Paris, ont étendu sur leur carte la teinte violette du Miocène à d'immenses surfaces que les eaux tertiaires moyennes n'ont jamais recouverts. La distinction des deux terrains et la nature purement continentale de l'argile à silex (produit d'altération sur place de la craie sous-jacente) ont été reconnues depuis. Sur la carte détaillée au quatre-vingt millième, la teinte rose et l'indice *m* ont été cependant conservés ; MM. Carez et Vasseur ont complètement supprimé l'argile à silex de leur carte, en la remplaçant par le *limon des plateaux* (pl.), qui se trouve ainsi acquérir un développement exagéré ; quant au Service, il a adopté d'autres solutions dans la carte au millionième : sur la rive droite de la Seine (Thelle, Caux, Picardie), le dépôt en question figure sous la teinte du Quaternaire ; sur la rive gauche, au contraire (Eure, Perche, etc.), de même qu'au nord (Laon, Maubeuge, Cambrai) et au sud-est (Gâtinais, forêt d'Othe) du bassin, la teinte de l'Eocène recouvre uniformément les plateaux. Nous serions fort embarrassé d'indiquer les motifs de cette divergence, surtout en ce qui concerne le rôle de limite assigné à la vallée de la Seine sous ce rapport. L'attribution traditionnelle des *limons des plateaux* au Pliocène ne laisse pas elle-même d'être très douteuse, s'il est vrai que ces limons résultent d'un simple remaniement par les eaux pluviales de terrains antérieurs d'âge quelconque, comme l'admettent plusieurs géologues, à la suite de M. de Lapparent.

Dans la partie moyenne du bassin de la Loire, de nombreux lambeaux figurés comme oligocènes par MM. Carez et Vasseur (Berry, Touraine, Poitou), sont indiqués comme éocènes sur la carte du Service : question de synchronisme et de classification. Ces lambeaux appartenant très probablement à l'horizon du calcaire de Brie, la première solution paraît préférable. La région des roches anciennes du Lyonnais, du Beaujolais et du Forez est interprétée d'une manière tout à fait différente, à l'avantage du millionième, qui a bénéficié des belles études de M. Michel-Lévy, dont MM. Carez et Vasseur n'ont pu avoir communication en temps utile ; c'est la partie la plus originale et la plus nouvelle de la carte officielle. Il en est de même pour le massif du Chablais, dans la Haute-Savoie, avec cette différence que l'étude est loin d'en être terminée d'une manière définitive. On remarque des différences analogues dans la partie moyenne du bassin de la Durance, et dans les Basses-Alpes ; autour du Mont Viso, dans les Alpes Cottiennes, le

Service figure en Trias ce que MM. Carez et Vasseur, d'accord avec les géologues italiens, considèrent comme pré-carbonifère : c'est la question, si débattue, des *schistes lustrés* de Lory.

Le bassin tertiaire compris entre Digne, la Durance et le Verdon est Pliocène supérieur, au cinq-cent-millième; le millionième, profitant des dernières découvertes de Fontannes, l'attribue avec raison au Miocène.

Evidemment, la distinction du Quaternaire et du Pliocène n'a pas encore été faite avec tout le soin désirable dans plusieurs parties de la France, la teinte de l'un étant souvent remplacée par celle de l'autre (Haute-Saône, Bresse, Crau, Némosais, etc.).

IV

L'un des points faibles que devront faire disparaître les recherches des années prochaines réside dans le tracé des limites d'étages sur le bord oriental et septentrional du bassin tertiaire du Sud-Ouest : telle région, suivant les cartes, et sans raison décisive apparente, passe de l'Eocène à l'Oligocène ou même au Miocène.

En Corse, — le plus négligé des départements français jusqu'à présent, — les terrains paléozoïques sont remplacés au millionième par des schistes cristallins.

Les alluvions anciennes des plateaux sous-pyrénéens ont, moins que le reste, attiré l'attention de M. Carez : le sommet des cônes quaternaires si caractéristiques de la Gascogne a été supprimé et remplacé par la teinte du Miocène supérieur. C'est, en quelque sorte, un recul sur la carte de 1840; sans même visiter les lieux, la lecture du beau chapitre consacré au plateau de Lannemezan par Surell dans la suite à ses *Etudes sur les torrents des Hautes-Alpes* (1872) suffit pour montrer le développement énorme et exclusif des dépôts d'origine fluviale entre la Garonne et le Gave de Pau. La carte au millionième est correcte sous ce rapport. Il n'en est malheureusement pas de même pour le prolongement de ces dépôts dans le sud du Béarn, chez M. Jacquot comme chez M. Carez : pourquoi supprimer de la carte, dans cette région, une formation si puissante, dont les contours étaient déjà indiqués en 1854 sur l'*esquisse* jointe à la thèse de J. Delbos, sans remonter jusqu'à Dufrénoy et à Palassou?

Pour les Pyrénées, les divergences sont si nombreuses et si profondes, qu'un article entier ne suffirait pas à en donner l'énumération; quelques-unes sont d'ailleurs systématiques : ainsi le Trias de M. Carez est presque partout figuré en Permien par M. Jacquot, qui considère en outre le cortège d'argiles gypseuses et salifères des Ophites comme exclusivement triasique. Le désaccord, pour certaines localités, atteint des proportions presque incroyables : le massif de Montgaillard, par exemple, entre Bagnères-de-Bigorre et Tarbes, serait Granitique et Cambrien, si l'on s'en rapporte à la carte au 500,000e, Quaternaire et Crétacé d'après le millionième ! Cela prouve combien il reste à faire, dans les Hautes-Pyrénées notamment, où les documents préliminaires font complètement défaut, et où M. Carez n'a eu à sa disposition que la carte, fort grossière, même au point de vue des tracés géographiques, de Magnan. Dans l'Aude, dans le Pays Basque, les différences sont à peine moins sensibles. Nous l'avouons sans difficulté, le travail de M. Carez nous a paru plus soigné que la partie correspondante de la carte au millionième, qui malheureusement présente comme certaines des vues encore hypothétiques : la délimitation des subdivisions du groupe paléozoïque, à en juger du moins par les faits publiés, ne paraît guère admissible, et la continuité des bandes cambriennes, siluriennes et dévoniennes, régulièrement alignées d'un bout de la chaîne à l'autre, ne repose sur aucune coupe sérieuse : il faudrait d'abord que l'on fût définitivement édifié sur l'âge de ces calcaires, représentés, suivant les cartes et les localités, comme Cambriens, Dévoniens, Carbonifères, Jurassiques ou même Crétacés ! Bref, *la géologie des hauts chaînons pyrénéens* — la comparaison des deux cartes le démontre, — *est à reprendre entièrement : c'est le desideratum le plus sensible de la géologie française.* Nous ne dirons rien du versant espagnol, où les tracés de la carte au millionième, pour la moitié orientale tout au moins, sont absolument fantaisistes.

V

Quant aux régions situées en dehors de la frontière, le Sud de l'Angleterre est figuré d'une manière identique. La carte au millionième a supprimé le manteau quaternaire qui imprime à la basse Belgique sa physionomie caractéristique; même élimination a été opérée pour le plateau suisse. Le Miocène belge est également supprimé et rattaché, sans que la raison en soit donnée, à l'Oligocène. Dans tout le Nord-Est, il est regrettable que l'on ait jugé suffisant de s'en tenir à des documents généraux anciens ou de seconde main. Citons parmi les cartes détaillées que l'on a négligé de consulter pour la rédaction du millionième : la carte du bassin de Mayence de Lepsius (1884); la carte du Sud du Luxembourg, de van Werweke (1886) et celle de la Lorraine occidentale, publiée par la commission géologique de Strasbourg (1886); les cartes d'une partie du Hundsrück, des environs de Trèves et de Waxveiler insé-

rées par Grebe dans les volumes de 1880, 1881 et 1883 du *Jahrbuch* de l'Institut géologique de Berlin, etc. Ces documents ont au contraire été mis à profit, ceux du moins dont la publication a eu lieu assez tôt, dans la carte de MM. Carez et Vasseur.

Il sera facile de modifier dans un tirage ultérieur de la carte officielle l'attribution au Permien, sous le n° 35, des diabases et autres roches basiques interstratifiées dans le Devonien et le Carbonifère inférieur de la Hesse et du Nassau (Bassin de la Lahn).

L'espace nous manque pour signaler les enseignements qui ressortent de l'examen des deux cartes, au point de vue de la structure et de l'histoire du sol : il faudrait un volume entier pour décrire les faits intéressants que révèle leur étude attentive : tous les éléments sont là réunis pour l'analyse du tracé des cours d'eau et de l'évolution du relief à travers les âges. Espérons que cette tâche relativement facile tentera bientôt quelque jeune géographe : nous ferons bien de nous dépêcher, si nous ne voulons pas que la science française soit devancée sur ce point, comme elle l'a déjà été si souvent, par la science étrangère.

On a vu ce dont était capable l'initiative privée par l'exemple de l'œuvre considérable de MM. Carez et Vasseur. Ce n'est pas la première fois que semblable morale se dégage de la comparaison avec les efforts plus puissants, mais souvent moins bien coordonnés, de l'Etat. Mais, s'il est permis d'adresser à ce point de vue quelques critiques aux services publics, il serait, du moins, injuste de méconnaître les talents qu'ils mettent en œuvre. C'est un devoir pour nous, en terminant cet article, de rendre hommage à la science dont les divers collaborateurs de la carte au millionième ont fait preuve dans l'étude des régions que chacun d'eux avait à examiner; nous sommes certain d'ailleurs que le Service géologique, sous la direction éclairée de M. Michel-Lévy, saura perfectionner son œuvre et nous en donner bientôt une seconde édition qui, cette fois, sera parfaite.

Emmanuel de Margerie.

REVUE ANNUELLE D'HYGIÈNE

L'hygiène marche, à notre époque, d'un pas tellement rapide que chaque année réalise un progrès dans chacun des éléments qui la constituent et qu'il devient important d'en dresser l'inventaire lorsque cette année finit. Celle qui vient de s'écouler offre encore une plus riche moisson que les précédentes. Deux grands faits ont signalé son passage: l'Exposition universelle et le Congrès d'hygiène. L'Exposition universelle restera le grand événement social de la fin du XIXe siècle. Dans toutes les branches de l'activité humaine, elle marquera une date à laquelle il faudra toujours remonter.

En hygiène, il en sera de même. Les millions de visiteurs que l'Exposition internationale a attirés de tous les points du globe, ont tous parcouru les galeries du palais de l'Hygiène et ses dépendances ; ils ont traversé les pavillons élevés au Champ-de-Mars par la ville de Paris; ils y ont pris connaissance d'une multitude de faits qu'ils ne soupçonnaient pas et ont emporté dans leurs foyers des notions précises qu'ils y feront fructifier un jour. L'Exposition, en un mot, a donné, pendant six mois, une immense leçon de choses à d'innombrables populations et tiendra, pour ce motif, une place considérable dans l'histoire de l'hygiène; mais, en raison même de son importance, elle a été l'objet de comptes rendus sans nombre. Tout a donc été écrit sur ce sujet et il faut éviter de tomber dans les redites.

Pour le moment, il s'agit uniquement d'exposer, d'une manière sommaire, la part de faits et d'idées nouvelles qui revient à l'année 1889 en particulier.

I

Elle a commencé par un événement d'une importance considérable. Un décret du Président de la République, en date du 5 janvier 1889, a transféré au ministère de l'intérieur les services de l'hygiène publique qui avaient dépendu jusqu'alors du ministère du commerce et de l'industrie, en les rattachant à la direction de l'Assistance publique.

C'est la réalisation des tendances qui dirigent l'hygiène depuis bien des années et du vœu formulé à trois reprises par l'Académie de médecine, deux fois par la Société de médecine publique et reproduit par tous les Congrès scientifiques.

Deux projets avaient été soumis à la Chambre des députés : le premier en 1886 par MM. Siegfried et Chamberland au nom de cinquante de leurs collègues, le second en 1887 par le Ministre du commerce. Le premier a été adopté par la commission nommée à cet effet; mais tous deux sont tombés en désuétude par suite de la cessation des pou-

voirs de la Chambre devant laquelle ils étaient pendants. L'hygiène peut attendre maintenant. Le décret du 5 janvier a donné satisfaction à ses désirs et ses destinées sont entre les mains de l'homme qu'elle aurait choisi pour la représenter si cette nomination s'était faite à l'élection. L'hygiène administrative est fondée.

L'hygiène internationale a également fait un pas. L'Angleterre qui s'était montrée intraitable sur la question des quarantaines, à la Conférence de Rome, est revenue à de meilleurs sentiments. Par une ordonnance en date du 22 janvier 1889, elle a institué, à l'entrée de la mer Rouge (à Aden et à Périm), un système de protection que nous ne pouvons qu'approuver puisqu'il dépasse les exigences auxquelles nous avions réduit nos prétentions à la Conférence de Rome.

Pendant que l'Angleterre renonçait ainsi à l'application de ces doctrines, elles trouvaient en France un défenseur dans la personne de M. le Dr Vignard, ancien directeur du service sanitaire des bouches du Danube. Son mémoire très important (1) a soulevé au sein de la Société de médecine publique un débat qui s'est prolongé pendant les trois premiers mois de l'année 1889 et qui a permis à M. Proust d'exposer de nouveau les principes qui dirigent aujourd'hui notre administration sanitaire. Il a montré combien les mesures de prophylaxie se sont perfectionnées, par la substitution des pratiques de la désinfection à celles de l'isolement, toutes les fois que la chose est possible et par l'atténuation progressive des rigueurs de la quarantaine, réduites aujourd'hui au minimum compatible avec la sécurité du territoire.

Un jour viendra sans doute où il sera permis d'aller plus loin, peut-être même de fermer nos lazarets; mais il faut, avant d'y songer, que l'hygiène urbaine ait fait des progrès considérables dans la pratique. Il faut qu'on assainisse ces grandes villes qui s'appellent Naples, Marseille, Toulon, Barcelone et dans lesquelles le choléra trouve des foyers d'infection tout préparés, quand il débarque sur le versant septentrional de la Méditerranée. C'est là qu'il faut arriver.

II

La propagation des maladies contagieuses et l'assainissement des villes sont les deux questions que l'hygiène contemporaine a mises à son ordre du jour. Elles ont toutes deux pour base la bactériologie. Cette science si jeune encore, et qui a déjà produit de si magnifiques résultats, est devenue le fondement de tout notre édifice. Dans tous les laboratoires on se livre à l'étude des microbes avec une ardeur qui va croissant. Leur histoire s'est enrichie cette année de quelques travaux importants.

L'une des questions les plus intéressantes qui aient été soumises à l'examen du Congrès d'hygiène de 1889 par son comité d'organisation, avait pour titre : Action du sol sur les microbes pathogènes. Les fonctions de rapporteur sont tout naturellement échues au professeur Grancher et au Dr Richard. Ils ne se sont pas bornés à établir le bilan de la science sur cette question, mais ils se sont efforcés de l'élucider, à l'aide d'observations et d'expériences multipliées.

On sait, de par Hippocrate, que les maladies infectieuses ont leur source dans l'air, les eaux et le sol. Nous savons, depuis M. Pasteur, que les agents de ces maladies sont des êtres organisés et vivants; mais nous ignorons encore les conditions dans lesquelles ils naissent et se multiplient dans ces différents milieux, ou du moins nos connaissances à ce sujet sont encore bien superficielles, surtout en ce qui concerne le sol qui a été moins bien étudié que l'air et les eaux. Les recherches de MM. Grancher et Richard, confirmant et complétant celles de M. Frankel, ont mis en lumière les faits suivants (1) :

Les germes pathogènes existent dans le sol où leur présence peut être expérimentalement démontrée. Ils sont surtout cantonnés dans les couches les plus superficielles. A la faible profondeur de cinquante centimètres on n'en trouve presque plus. Ils se multiplient difficilement dans la terre; mais ils peuvent s'y conserver longtemps à l'état de spores. Ceux qui sont enfouis à quelques centimètres sont détruits par la concurrence des *saprophytes* et ceux de la surface par l'action de la lumière solaire, qui est un puissant agent d'assainissement. La culture intensive qui ramène successivement à la surface les germes de la profondeur est le meilleur moyen de *détruire* les microbes pathogènes contenus dans le sol. Les bouleversements de terrain les mettent au contraire en circulation et favorisent leur action nuisible. Une couche de terre de deux à trois mètres d'épaisseur suffit pour les empêcher de pénétrer dans la nappe souterraine. — Ces conclusions ont, au point de vue pratique, une importance qu'il est inutile de faire ressortir.

La bactériologie des eaux potables a été l'objet de travaux beaucoup plus nombreux et cela se comprend sans peine. On les considère aujourd'hui comme le véhicule habituel des germes de la

(1) Dr V. Vignard. Etude pratique sur l'état actuel de la prophylaxie sanitaire internationale. (*Revue d'hygiène et de police sanitaire*, n° du 20 décembre 1888, p. 1038.)

(1) Congrès d'hygiène et de démographie. Section III. Bactériologie appliquée à l'hygiène, épidémiologie. — Action du sol sur les germes pathogènes. Rapporteurs : MM. Grancher et Richard. *Revue d'hygiène*, t. XI, p. 710.)

plupart des maladies infectieuses et notamment du choléra et de la fièvre typhoïde. Chaque jour apporte de nouvelles preuves à l'appui de cette opinion ; aussi, l'analyse bactériologique des eaux qui servent à l'alimentation a plus d'importance aujourd'hui que l'analyse chimique dont on se contentait autrefois.

Des expériences concordantes ont prouvé que l'eau de source, à son émergence, est complètement exempte de germes, ainsi que celle de la nappe souterraine lorsqu'elle n'a pas été souillée. Par contre, les eaux des meilleures rivières en renferment toujours quelque peu. La Vanne, dont l'eau est pourtant excellente, en contient 122 par centimètre cube, tandis que l'eau d'égout qui sort des drains de Gennevilliers, après avoir été filtrée par le sol, n'en renferme pas plus d'une douzaine. Les eaux de puits en sont toujours fortement chargées. Frankel a prouvé, dans un récent travail (1), que ces bactéries provenaient des parois et du fond des puits, ainsi que des tuyaux des pompes.

La promptitude avec laquelle les bactéries se multiplient dans les eaux est prodigieuse. On peut en juger par celles des égouts qui en renferment plusieurs millions par mètre cube. L'immense majorité est inoffensive ; cependant la bonne qualité de l'eau est en sens inverse de leur nombre. Flagge et Proskasser ont même proposé de fixer la limite des eaux potables entre 50 et 150 germes par centimètre cube. Ce serait peut-être aller un peu loin et s'exposer à de grands mécomptes, dans la pratique. Une eau très pure en bactéries banales et qui aurait accidentellement reçu quelques bacilles provenant de déjections cholériques ou typhiques serait assurément beaucoup plus dangereuse à boire qu'une eau contenant des millions de germes au nombre desquels ces derniers ne se trouveraient pas. Il serait extrêmement important de pouvoir reconnaître les microbes pathogènes des autres. Le Dr Justin Karlinski se flatte d'avoir trouvé un caractère distinctif dont l'importance serait capitale et les conséquences bien rassurantes. Dans une série d'expériences qu'il serait trop long de rapporter ici, mais dont il a publié les résultats dans les *Archives d'hygiène* de cette année (2), il a reconnu que les bacilles pathogènes ne se multiplient pas et succombent, en quelques jours, dans les eaux de source naturelles à la température de 8 degrés, tandis que les bactéries aquatiques s'y développent à merveille et avec plus d'activité en présence des bacilles pathogènes, comme si les cadavres de ceux-ci leur servaient de nourriture. Ses expériences ont porté sur le bacille typhique, sur celui du choléra et sur la bactéridie.

Lorsque l'eau est sale, c'est-à-dire nourricière, c'est encore aux bactéries banales que cette nourriture profite, et non aux bacilles pathogènes. Karlinski a ensemencé de l'eau d'égout avec des bacilles typhiques à raison de 39,000 de ceux-ci par centimètre cube. Le lendemain, il n'en restait pas de traces. M. le Dr Poincaré a fait paraître dans la *Revue d'hygiène* un travail des plus intéressants sur le même sujet; mais malheureusement il échappe à l'analyse (1).

(1) Recherches sur la désinfection des sources et la teneur en germes de la nappe souterraine. (*Zeitschrift fur Hygiene*, 1889, p. 23.)

(2) Justin Karlinski. Ueber das Verhalten einiger pathogener Bacterien im Trinkwasser. (*Archiv. fur Hygiene*, IX, p. 113, 1889.)

III

Ces travaux scientifiques prouvent à quel point la question des eaux d'égout et de l'épandage préoccupe les hygiénistes. Ils tendent à faire prévaloir d'une manière définitive la doctrine soutenue avec tant d'ardeur, de persévérance et de talent par M. Durand-Claye. De toutes parts on se livre aux irrigations avec les eaux d'égout et partout on en reconnaît les avantages. En France, l'hygiène vient d'avoir gain de cause dans le procès qu'elle soutient depuis si longtemps contre les préjugés, la routine et les intérêts particuliers. Les deux Chambres ont enfin consenti à donner au Gouvernement l'autorisation de déverser, sur les terrains d'Achères, une partie des eaux d'égout de Paris, à raison de 40,000 mètres cubes par an et par hectare. Cette loi porte la date du 4 avril 1889. Elle met fin à une campagne qui a duré quatorze ans ; mais Durand-Claye, qui en a supporté le poids, n'est plus là pour jouir de sa victoire. Espérons qu'il sera donné satisfaction au vœu émis par le Congrès d'hygiène le jour de sa visite à Gennevilliers, et qu'un monument commémoratif, élevé au milieu de ces terrains fertilisés par l'épandage, rappellera aux visiteurs l'homme auquel la population de Paris est redevable de ce bienfait.

La loi du 4 avril 1889 ne résout pas complètement la question, puisque les terrains d'Achères, joints à ceux de Gennevilliers, ne donnent pas plus de 1800 hectares qui, à raison de 40,000 mètres cubes par an, ne pourront pas recevoir plus de 72 millions de mètres cubes. Sur les 126 millions qui tombent annuellement dans la Seine, il en restera donc encore 54 millions, qui échapperont à l'épuration, et pour lesquels il faudra trouver de

(1) Poincaré. Etude sur les circonstances qui font varier la richesse des égouts en microbes et leur action nocive. (*Revue d'hygiène*, 20 octobre 1889, p. 894.)

nouveaux terrains; mais cette difficulté est déjà levée. M. Ad. Carnot, ingénieur en chef des mines, a présenté à la Commission d'assainissement de Paris un mémoire dans lequel il a indiqué tous les terrains situés dans le voisinage de la ville et propres à l'irrigation. Ils représentent, sur la carte qu'il a produite à l'appui de son travail, une superficie de 10,000 hectares qu'on peut irriguer à l'aide de conduits n'excédant pas 50 kilomètres. On voit que Paris peut augmenter la quantité d'eau qu'il délivre à ses habitants et laisser s'accroître sa population sans crainte. Il y a dans la vallée de la Seine trois fois plus de terrains à fertiliser qu'il ne lui en faut pour suffire aux besoins de son épandage. La loi du 4 avril 1889 a posé le principe; l'application viendra d'elle-même à mesure des besoins.

IV

On ne s'étonnera pas de l'étendue que j'ai donnée à cette question, dans une revue qui doit être nécessairement succincte; c'est le grand événement hygiénique de l'année, pour Paris du moins. Si, malgré toutes ces conditions de salubrité, cette ville a encore une mortalité aussi élevée, cela tient, dans l'opinion de tous les hygiénistes, à l'imperfection de son système de vidanges et à la pollution des eaux de la Seine qu'elle est encore forcée de boire de temps en temps. Toutes les fois que cette nécessité s'impose, le chiffre des décès par fièvre typhoïde s'élève dans les arrondissements où se fait la distribution de cette eau contaminée. Nous en avons eu tout récemment la preuve. Un accident survenu dans les conduites de la Vanne a forcé de donner de l'eau de Seine à toute la ville, depuis le 31 octobre à six heures du soir jusqu'au 5 novembre. Au bout du temps nécessaire pour l'incubation et pour l'évolution de la maladie, le nombre des décès par fièvre typhoïde a commencé à s'accroître. Il est allé grandissant jusqu'au milieu de décembre, puis il a commencé à diminuer, à mesure que les effets de l'intoxication par l'eau de Seine allaient s'affaiblissant; et enfin il est rentré dans ses proportions normales. Parti du commencement de novembre, de 11 décès par semaine, il s'est élevé à 51 du 7 au 14 décembre et est retombé à 12, vers le milieu de janvier.

Le chiffre des malades a suivi la même marche. Le nombre des entrées aux hôpitaux a été de 164 dans la journée du 30 décembre. A cette date on en comptait 443 en traitement. Une progression aussi régulière est absolument démonstrative. Elle a la valeur d'une expérience de laboratoire.

Les populations commencent du reste à se pénétrer de cette vérité qu'il dépend d'elles de diminuer leur mortalité dans une proportion considérable et les travaux d'assainissement des grandes villes est à l'ordre du jour dans tous les pays. Des quatre grands centres du littoral méditerranéen, foyers tout prêts à recevoir le choléra, les deux principaux sont en voie de se transformer.

A Naples, les grands travaux que comporte le projet dont on a pu voir les plans à l'Exposition universelle sont entrés dans la phase d'exécution. Les démolitions s'étendront sur une superficie d'un million de mètres carrés; elles comprendront 17,000 maisons et 62 églises. On expropriera 7,000 propriétaires. 375,000 mètres carrés seront affectés à la construction de maisons neuves et 604,000 seront consacrés au percement de nouvelles rues. La dépense qu'entraînera cette œuvre considérable est évaluée à 100 millions qui ne suffiront certainement pas. Les choses ne sont pas aussi avancées à Marseille, dont l'insalubrité légendaire peut se comparer à celle de Naples et réclame des mesures analogues. La mortalité annuelle s'y élève à 31 pour 1,000 en moyenne et dépasse 47 dans le quartier de l'Hôtel de Ville.

Son assainissement est décidé en principe comme celui de Toulon, mais on s'en est tenu jusqu'ici à dresser des plans et des devis. Cependant, le projet étudié par M. Cartier, agent-voyer en chef du département du Rhône, et qui a figuré à l'Exposition, paraît avoir de grandes chances d'exécution. Il a été adopté en principe par la Commission sanitaire et le Conseil municipal. Le Comité consultatif d'hygiène publique vient de l'approuver. Dans ce projet, chacun des bassins naturels qui composent la ville aura son réseau d'égouts aboutissant, par un conduit unique, à un grand collecteur émissaire qui traversera la ville dans toute sa longueur, du nord au sud, et viendra déboucher en pleine mer, de l'autre côté des collines de Marseille-Veïre, dans la calanque de Cortiou, où la mer a une profondeur suffisante. Le grand collecteur aura douze kilomètres de longueur. La dépense est évaluée à dix-sept millions.

V

Tout en poursuivant ainsi les maladies zymotiques dans leurs principaux repaires, l'hygiène s'efforce également d'atténuer les ravages de la phtisie, qui fait plus de victimes à elle seule que toutes les épidémies réunies.

On se souvient que l'année dernière, un congrès spécial, pour l'étude de la tuberculose, s'est tenu à Paris sous la présidence de M. Chauveau, du 25 au 31 juillet. Après une importante discussion, le Congrès, avant de se séparer, adopta une série de vœux relatifs à la prophylaxie de la maladie et aux mesures à prendre pour l'empêcher de se pro-

pager. Il laissa de plus, à sa commission permanente, le soin de rédiger des *instructions* simples et pratiques sur ce sujet. Le 30 juillet 1889, M. le Dr Villemin vint, au nom de cette commission, soumettre à l'Académie de médecine le texte de ces *instructions*, en lui demandant son approbation et l'appui de son autorité pour obtenir des pouvoirs compétents les moyens de répandre ces conseils dans le public. Après une première discussion, leur examen fut renvoyé à une commission composée de MM. Verneuil, Villemin, Germain Sée, Dujardin-Beaumetz et Cornil. Le 29 octobre suivant, M. Villemin vint lire le rapport. Les conclusions du Congrès y étaient notablement atténuées; cependant, elles furent l'objet de débats très vifs dans la longue discussion qui s'ensuivit.

L'Académie ne fait pas de difficultés pour reconnaître que la tuberculose est contagieuse et de nature parasitaire. Elle admet volontiers qu'elle peut se transmettre par les crachats des phtisiques, mais sa propagation par le lait et surtout par la chair des animaux tuberculeux ne lui paraît pas aussi bien démontrée; mais le dissentiment s'est surtout produit sur la question de savoir s'il était opportun de répandre ces instructions en dehors du monde médical et de leur donner une plus grande publicité, ainsi que le demandait la Commission. Un certain nombre d'académiciens ont pensé que cette sorte de manifeste aurait l'inconvénient d'alarmer les familles, de les éloigner des malheureux phtisiques et d'exposer ceux-ci à de cruelles rigueurs. La question de savoir s'il y avait lieu de sanctionner par un vote les conclusions de la Commission a même été soulevée; elles ont été renvoyées, le 21 janvier 1890, à la Commission, pour un nouvel examen.

VI

L'hygiène de l'habitation qui a été si largement représentée à l'Exposition universelle n'a pas réalisé en 1889 de progrès bien importants.

L'éclairage et le chauffage ont cependant attiré l'attention. De nouvelles applications de la lumière électrique ont surgi et des accidents graves ont été signalés en Amérique par le fait de conducteurs imparfaitement isolés.

En France, à Paris surtout, les poêles mobiles et à combustion lente ont donné lieu à de nombreuses intoxications par l'oxyde de carbone, et ces accidents ont provoqué, au sein de l'Académie de médecine une discussion qui a rempli plusieurs séances (1). Ce n'est pas une forme particulière de poêle qui a été ainsi mise en cause, c'est un mode de chauffage qui tend à opérer une révolution dans nos habitudes.

Autrefois on s'efforçait d'activer la combustion et d'augmenter le tirage, en ouvrant un large accès à l'air extérieur. On réchauffait ainsi des centaines de mètres cubes d'air qui s'échappaient par le haut de la cheminée sans élever la température de l'appartement. Il en résultait une dépense énorme de combustible, mais une aération parfaite de la pièce dans laquelle un pareil courant d'air était établi. Aujourd'hui, c'est tout le contraire. On ralentit la combustion le plus possible à l'aide d'orifices extrêmement étroits; on perd beaucoup moins de calorique; on chauffe les maisons à beaucoup moins de frais, mais l'économie se réalise aux dépens de la salubrité et du bien-être.

Les poêles mobiles dégagent toujours un peu d'oxyde de carbone et, lorsqu'une circonstance quelconque renverse le faible courant qui dirige ce gaz dans la cheminée, il passe en entier dans l'appartement et détermine des accidents souvent mortels. La possibilité de mobiliser l'appareil, la brièveté de son tuyau et la difficulté de l'adapter exactement à toutes les cheminées, augmente le danger. Il devient menaçant lorsqu'on installe un de ces poêles, la nuit, dans une chambre à coucher.

Il ne faudrait pas croire toutefois que l'intoxication ne puisse se produire que dans la pièce ainsi chauffée. Si le gaz toxique, en remontant par la cheminée, rencontre sur sa route un tuyau conjugué, il redescend dans l'appartement d'où ce tuyau part et où il n'y a pas de feu et asphyxie les personnes qui y couchent.

Ces faits ont été souvent signalés dans les sociétés d'hygiène; mais cela n'a pas empêché l'usage des poêles mobiles de se répandre et les accidents de se multiplier. C'est pour cela que M. Lancereaux, qui avait déjà traité la question en 1881, dans l'*Union médicale*, et en 1883, dans ses *Leçons de clinique*, l'a portée le 5 février 1889 devant l'Académie de médecine.

Après l'avoir exposée avec beaucoup de talent, l'orateur terminait son mémoire en proposant à la sanction de l'Académie une série de mesures restrictives qui ne tendaient à rien moins qu'à proscrire l'emploi des poêles à combustion lente. L'Académie a pensé qu'agir ainsi eût été sortir de son rôle, que l'hygiène a pour devoir d'avertir le public et l'autorité et non de réclamer des prohibitions. Convaincue que l'économie réalisée par ce procédé de chauffage et la commodité de son emploi prévaudront toujours, dans les classes inférieures surtout, contre les dangers auxquels il expose, elle a préféré faire connaître ces périls, ainsi que les précautions à prendre pour les conjurer.

(1) Voyez *Bulletin de l'Académie* 1889, t. XXI, p. 161, 425, 461, 531, 568.

Les conclusions votées dans la séance du 16 avril ont été communiquées au ministre de l'intérieur en même temps que le compte rendu de la discussion. Ce débat, l'un des plus importants qui aient eu lieu à l'Académie en 1889, a révélé des faits intéressants et complètement inattendus, sur la proportion relative des gaz toxiques qui se dégagent des poêles mobiles, pendant la combustion, suivant l'activité avec laquelle elle se produit. La question a été portée à la même époque devant le Conseil d'hygiène et de salubrité de la Seine, qui, le 29 mars, a adopté le rapport de M. Michel Lévy, dont les conclusions sont absolument conformes à celles de l'Académie de médecine.

La crémation n'est en somme que la plus haute expression du chauffage. Je suis donc tout naturellement conduit à en dire un mot. C'est pendant le cours de l'année qui vient de s'écouler que cette façon de se débarrasser des morts est devenue usuelle à Paris. On avait bien, en 1887, construit au Père-Lachaise un crématoire muni d'un four Gorini ; mais il n'avait pas fourni de résultats satisfaisants et on y avait renoncé. En 1889, on a installé, à la place, un appareil du système Toisoul et Fradet. La chaleur y est produite par la combustion de l'oxyde de carbone activée par des courants d'air chaud. Il fonctionne depuis huit mois. On y brûle les cadavres non réclamés provenant des hôpitaux, les débris d'amphithéâtre et les corps des morts-nés. On y incinère également les personnes de bonne volonté pour lesquelles une autorisation régulière a été délivrée par la mairie de leur arrondissement. Les crémations privées ne sont pas aussi fréquentes qu'on pourrait le croire. Il s'en fait sept ou huit par mois ; l'opération coûte 50 francs, sans compter l'urne ou plutôt la cassette en grès que l'administration fournit au prix de dix francs. Il y aurait beaucoup à dire sur cette mode nouvelle, même au point de vue de l'hygiène, mais cela m'entraînerait beaucoup trop loin.

VII

L'hygiène urbaine, avec les innombrables détails qui s'y rattachent, tient tant de place qu'il ne m'en reste presque plus pour parler des autres branches de la science à laquelle cette revue est consacrée et je serai forcé de me borner pour quelques-unes d'entre elles à une simple énumération.

En bromatologie, nous avons à enregistrer les falsifications alimentaires qui deviennent chaque jour plus ingénieuses et plus criminelles. A l'Exposition universelle, on avait eu l'heureuse idée de placer sous les yeux du public la collection complète des drogues à l'aide desquelles on falsifie le lait, le beurre, le poivre, la farine, le café, celles qui servent à remplacer le houblon dans la bière et le raisin dans la fabrication du vin. Des tableaux explicatifs placés dans le voisinage édifiaient le public sur l'industrie des boissons et des aliments frelatés. C'était à faire frémir le consommateur. Des révélations intéressantes ont été faites à cet égard au Congrès d'hygiène. Il en résulte que les sirops d'orgeat, de groseille, de grenadine qu'on trouve dans les débits de boissons, chez les confiseurs, chez les épiciers, ne renferment souvent aucune des substances qui doivent entrer dans leur composition et que *les médicaments qu'on trouve dans les pharmacies sont parfois falsifiés eux-mêmes*. Ces fraudes ne sont pas spéciales à la France ; elle se laisse même distancer par l'Allemagne pour le sans-façon avec lequel on s'y livre. Le Dr Stutzer, de Bône, a signalé tout récemment l'apparition dans le commerce d'une nouvelle espèce de café *artificiel* fait avec de la farine torréfiée, puis agglutinée à l'aide de la dextrine.

Il existe à Cologne deux fabriques spéciales qui fournissent tout le matériel nécessaire à cette manutention, pour la somme modique de 3,000 marks. La machine à frapper le café peut en fournir 10 à 12 quintaux par jour et le quintal revient, tous frais compris, à 20 marks. Il paraît que l'imitation est parfaite et que cet article est appelé à un grand avenir.

L'altération spontanée des aliments a été également l'objet de travaux importants. Quelques nouveaux faits d'empoisonnement par les boîtes de conserves ont été signalés, notamment par MM. Boucheron et Noir, médecins au 92e régiment d'infanterie (1). MM. Poincaré et Macé ont fait sur ce sujet d'intéressantes expériences desquelles il résulte que, contrairement à l'opinion de M. Fernbach, on rencontre souvent, dans des conserves alimentaires animales ou végétales d'apparence intacte, des germes revivifiables, parfois même en assez grand nombre.

L'absinthe a comparu devant l'Académie de Médecine, sous la forme d'une communication de MM. Cadéac et Albin-Meunier faite à la séance du 10 septembre 1889. Leur travail avait pour but d'établir que les accidents causés par la liqueur d'absinthe ne sont pas dus à cette substance, mais bien aux autres essences qui entrent avec elle dans la dangereuse boisson et notamment à celles d'anis et de badiane. M. Laborde, chargé de rendre compte du travail précédent, a lu, le 1er octobre, un rapport dont les conclusions sont absolument opposées à celles des auteurs du mémoire et confirment de tout point les faits établis par M. Magnan

(1) Boucheron et Noir Intoxication par des viandes de conserves altérées. (*Archives de médecine militaire*, février 1889, p. 97.)

et par tous les savants qui se sont occupés de la question (1).

Pour M. Laborde, l'essence d'absinthe est la plus toxique de toutes celles qui entrent dans la composition de la liqueur de ce nom. C'est la seule qui soit capable de produire l'*attaque épileptique, vraie, systématisée*, et pour le prouver, pour faire passer la conviction dans tous les esprits, M. Laborde fait apporter deux cobayes sur la tribune de l'Académie ; il injecte à l'un d'eux un gramme d'essence d'absinthe, à l'autre un gramme d'essence d'anis. Au bout de cinq minutes, le premier est pris de convulsions violentes ayant tous les caractères de l'attaque épileptique et succombe en moins d'une demi-heure. L'autre résiste à merveille à l'injection hypodermique qu'il a subie. C'est cette démonstration insolite qui provoqua, de la part d'une dame de l'assistance, une protestation que le président ne crut pas devoir tolérer et qui a fait, à ce moment, quelque bruit dans la presse médicale (2).

VIII

En Hygiène militaire, l'événement important de l'année, c'est le rapport adressé par M. de Freycinet, ministre de la guerre, au président de la République et qui a paru au *Journal officiel* du 17 juin 1889. Ce document de premier ordre est le résultat d'une enquête faite par les directeurs du service de santé des corps d'armée, en exécution de la circulaire du 13 mai 1888. Elle a porté sur tous les points qui intéressent la santé du soldat et plus particulièrement sur les maladies infectieuses auxquelles toutes les agglomérations d'hommes sont exposées.

Le ministre, après avoir constaté avec une légitime satisfaction que la mortalité a diminué d'un tiers dans l'armée, depuis plus de dix ans, passe en revue les moyens de l'abaisser encore et de prévenir, ou du moins d'atténuer, les épidémies devenues beaucoup plus fréquentes par suite des grands mouvements de personnel qu'amène l'appel sans cesse renouvelé des réservistes, des territoriaux, des hommes dispensés, etc., etc. La question des eaux potables, des latrines, de la désinfection dans les casernes, des revaccinations dans les corps de troupes, les mesures à prendre à l'égard des tuberculeux sont l'objet de prescriptions empreintes d'une sollicitude éclairée qu'on n'était pas habitué à rencontrer dans les documents émanant de l'administration militaire.

(1) Rapport sur un travail présenté à l'Académie de médecine par MM. Cadéac et Albin-Meunier relatif à l'étude physiologique de la liqueur d'absinthe, au nom d'une commission composée de MM. Ollivier et J. V. Laborde, rapporteur.

(2) *Bulletin de l'Académie de médecine*, 1889, t. XXI, p. 276.

Cette revue ne serait pas complète si j'oubliais d'y mentionner l'*exposition allemande pour la préservation des accidents*. Elle s'est ouverte le 1er mai 1889. Pendant que les populations du monde entier se pressaient sur toutes les routes du globe pour venir admirer les merveilles du Champ-de-Mars et de l'Esplanade des Invalides, quelques visiteurs parcouraient les galeries installées dans le quartier d'Alt-Moabit, sur l'emplacement occupé par l'Exposition d'hygiène de 1883. C'étaient pour la plupart des Allemands, des Autrichiens et des Belges; quelques hygiénistes français avaient même poussé le dévouement jusqu'à s'y rendre. Ils en sont revenus satisfaits du soin avec lequel on avait disposé tout ce qui a trait à l'hygiène industrielle et aux professions qui l'intéressent. Il m'est impossible d'entrer dans plus de détails.

En somme l'année 1889 a été bonne pour l'hygiène, ainsi que je le disais en commençant. Chaque jour la santé publique s'améliore et la mortalité va diminuant. Pourquoi faut-il que la natalité s'abaisse plus rapidement encore ? A cet égard les statistiques publiées cette année sont effrayantes et mes tristes prévisions sont dépassées. Il y a quatre ans, dans une conférence que je faisais à Rouen, je signalais cette décroissance et j'en faisais ressortir les résultats terribles pour l'avenir. Je montrais la population de la France demeurant stationnaire au milieu de l'essor rapide des peuples voisins. A cette époque déjà, son accroissement était tombé à 2,42 pour 1000 et je prédisais que les premières années du siècle prochain assisteraient à son arrêt complet. Eh bien, je restais au-dessous de la vérité. Nous n'irons pas jusque-là. La statistique de 1888, dont les résultats sont consignés dans le *Journal officiel* du 20 août 1889, accuse 837,867 décès pour 882,639 naissances seulement. Ainsi l'excédent pour la France entière ne dépasse pas 44,772; il est inférieur à celui de la ville de Londres qui, cette même année, a été de 53,934. Il n'est plus que de 1.17 pour 1000 et pendant ce temps-là le flot des étrangers monte toujours. En 1886, nous en avions déjà 1,137,037; en 1888, ils étaient 1,146,567. Le temps approche, où cette invasion étrangère sera seule à combler nos vides, et, si cela continue, nous perdrons bientôt, dans ce commerce, notre caractère, nos qualités nationales et nous tomberons au rang de ces petits États qui n'ont pas d'individualité propre et avec lesquels on ne compte plus. Il n'est pas encore trop tard pour y aviser; mais il n'est que temps et c'est là, comme je le répète sur tous les tons depuis bientôt dix ans, le véritable péril social.

Dr Jules Rochard,
Membre de l'Académie de Médecine.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Zaremba. — **Sur un problème concernant l'état calorifique d'un corps solide homogène indéfini.** Thèse de Doctorat ès sciences mathématiques (Faculté de Paris, 30 novembre 1889).

La question traitée dans cette thèse est la suivante : *Trouver quel doit être l'état calorifique d'un corps solide homogène indéfini pour qu'un système de courbes isothermes, à un instant donné, restent isothermes après un temps quelconque, de telle sorte que la température d'un point puisse s'exprimer en fonction du temps et de deux autres variables indépendantes.*

Ce problème intéressant fut posé en 1858 par l'Académie des sciences de Paris; un seul mémoire fut envoyé au concours; il était de Riemann; ce mémoire était digne du grand géomètre quant au fond, mais les calculs étant très incomplets, le prix ne lui fut pas décerné.

Depuis lors M. Weber, examinant un cas particulier de la question, a cherché tous les cas où la température d'un corps homogène indéfini peut être donnée par une fonction du temps et d'une seule autre variable indépendante.

M. Zaremba reprend le problème et en conduit la solution, nous ne dirons pas jusqu'au bout, mais beaucoup plus loin qu'il n'avait été fait jusqu'ici; il montre qu'elle comprend quatre cas : le premier a été traité par M. Weber, il en expose les calculs en les développant davantage; le quatrième a été entièrement résolu par Riemann, il ne peut qu'en reproduire les résultats; mais c'est dans l'étude des deux cas intermédiaires que se trouve le vrai mérite du travail de M. Zaremba, la part d'invention très réelle qui lui appartient; ces deux cas, en effet, n'avaient été étudiés que très incomplètement par Riemann, en ce sens que les solutions indiquées par lui ne constituaient qu'un cas très particulier des solutions générales; M. Zaremba, sans parvenir à trouver toutes les solutions au moins dans l'un des deux cas, en indique cependant plusieurs ayant un haut degré de généralité.

L. O.

Dwelshauvers-Dery (W.), Professeur à l'Université de Liège. — **Exposition universelle de 1889. — La machine à vapeur.** Opuscule grand in-8° de 95 pages et trois planches. Extrait de la *Revue Universelle des Mines*, t. VII, 3e série.

M. Dwelshauvers-Dery, le célèbre professeur belge dont les beaux travaux sur la machine à vapeur sont justement appréciés, était en mesure de faire une étude particulièrement intéressante des moteurs à l'Exposition; les recherches de toute sa vie le préparaient à ce travail et la position de vice-président du Jury de la Mécanique générale le lui rendait facile. Aussi regrettons-nous qu'il ne nous ait donné qu'un compte-rendu si court, si rapide et espérons-nous qu'il le complétera un peu plus tard dans un Mémoire plus développé.

Après avoir exposé brièvement l'histoire de la machine à vapeur depuis un siècle et montré que le génie de Watt a tout inventé : condenseur, pompe à air, chemise de vapeur, détente, double effet,... M. Dwelshauvers arrive à la machine actuelle et expose les différents types qui figuraient à l'Exposition; il insiste sur les machines à grandes vitesses et à hautes pressions dont le nombre était relativement important et qui présentent, comme l'on sait, des avantages, tant au point de vue de l'économie de vapeur que de la réduction des dimensions et de la régularité.

L'opuscule se termine par des considérations fort intéressantes sur les générateurs dits inexplosibles et sur les Compoud (machines à plusieurs cylindres où la détente se fait par cascade); personne n'était plus autorisé que M. Dwelshauvers à traiter ce dernier point, car ses recherches sur les échanges de chaleur entre la vapeur et les parois du cylindre sont aujourd'hui devenues classiques.

En somme, l'Exposition de 1889 n'a mis en lumière aucune invention capitale en ce qui concerne les moteurs à vapeur; les machines sont les mêmes, au fond, qu'en 1878; de réels progrès ont été faits, mais ce sont des progrès d'exécution, qui accusent d'ailleurs une précision devenue tout à fait remarquable.

J. Poulet.

Sinigaglia (Francesco), Ingegnere. — **Le Macchine a vapore** secondo le più recenti investigazioni theorico-pratiche per i costruttori e per l'insegnamento tecnico. Un vol. grand in-8° de 132 pages et 20 figures. Stàbilimento, Bontempelli, Roma.

Sinigaglia (Francesco), Ingegnere. — **Appendice al trattato le Macchine a vapore.— Regolatori di velocità a forza centrifuga.** Opuscule grand in-8° de 44 pages et 12 figures. Stabilimento, Bontempelli, Roma.

Une édition française de l'important ouvrage de M. Sinigaglia sera publiée sous peu par M. E. de Billy, ingénieur des mines; nous ajournons le compte-rendu au moment où cette édition française aura paru.

L. O.

Weyher (C. L.), Ingénieur civil. — **Sur les Tourbillons, trombes, tempêtes et sphères tournantes. Etude et expériences.** Deuxième édition, revue et augmentée. Un vol. grand in-8° de 128 pages, avec 3 planches en couleur. Gauthier-Villars et fils, éditeurs, 55, quai des Grands-Augustins, Paris.

2° Sciences physiques.

Gossart (M.-E.). — **Mesure des tensions superficielles dans les liquides en caléfaction.** (Méthode des larges gouttes.) Thèse de doctorat ès sciences physiques. (Faculté de Paris.)

Quand on projette avec une pipette quelques gouttes d'un liquide sur une capsule métallique chauffée à température élevée, on constate qu'elles n'entrent pas en ébullition, mais se réunissent en un globule, sphérique s'il y a peu de liquide, de plus en plus aplati si l'on en met davantage. Ce fait bien connu et d'autres analogues constituent les phénomènes de *caléfaction*. Depuis longtemps, déjà, les physiciens ont rejeté les théories bizarres et compliquées, qu'avait autrefois émises sur ce sujet Boutigny (1), à la suite d'expériences fort ingénieuses, d'ailleurs, et conduites avec habileté. L'aspect et la forme du liquide en caléfaction

(1) Boutigny. *Annales de chimie et de physique*, 3e séric, t. IX, XI, XXVII, XXVIII.

rappellent ceux du mercure sur le verre ou de l'eau sur du verre enduit de noir de fumée, c'est-à-dire ceux de liquides placés dans des vases qu'ils ne mouillent pas. L'on a tout naturellement été conduit à rapprocher les deux phénomènes (1) : l'expérience montre que la goutte caléfiée ne touche pas la capsule chaude ; elle en est séparée par une couche de vapeur très peu diathermane ; elle peut, par suite, se trouver à une température relativement basse et se comporter comme un liquide qui ne mouille pas le vase sur lequel il repose.

Dans son intéressant travail, M. Gossart établit nettement l'exactitude de cette manière de voir : la goutte doit être considérée comme plongée dans une atmosphère de vapeur; sans contact avec la paroi, elle doit prendre une forme qui dépend seulement des propriétés intrinsèques du liquide dans les conditions de l'expérience, de sa densité d et de sa constante capillaire a^2, ou, si l'on préfère, de la tension superficielle F du liquide en contact avec la vapeur $\left(\text{on sait d'ailleurs que l'on a la relation } a^2 = \frac{2F}{d}\right)$. Si cette conception est exacte, on peut, *à priori*, prévoir pour un liquide dont les propriétés capillaires sont connues, la forme que prendra la goutte, ou bien, inversement, de la mesure de ses dimensions déduire la valeur de la tension superficielle. Cette méthode est, au fond, la méthode connue, en capillarité, sous le nom de *méthode de la large goutte*.

Si l'on considère, par exemple, sur un plan de verre une goutte de mercure, assez large pour que l'on puisse regarder le rayon de sa base comme infini par rapport au rayon de courbure de sa section méridienne (2), on démontre qu'elle tend à devenir plane dans sa plus grande épaisseur e et que l'on a la relation $e = 2\sqrt{\frac{F}{d}} \cos\frac{\theta}{2}$, θ étant l'angle de raccordement avec la paroi, c'est-à-dire l'angle formé par la tangente à la section méridienne, au point où elle rencontre la paroi, avec la paroi elle-même.

La connaissance de l'épaisseur e et de l'angle θ permet donc de calculer la valeur de la tension F. Ce procédé de mesure a souvent été appliqué (3), mais un phénomène particulier rend cette application fort difficile: l'angle de raccordement n'est pas constant ; la moindre altération superficielle du liquide, la plus légère cause accidentelle, entraînent des variations très notables de la valeur de cet angle.

Au lieu de se compliquer, comme on pourrait croire, le problème se simplifie dans le cas d'une goutte caléfiée. Le liquide, étant maintenu à distance finie de la capsule, est soustrait aux actions moléculaires de la paroi, et la théorie de Laplace (4) permet de prévoir que l'angle de raccordement doit être rigoureusement et constamment nul; on doit, par suite, avoir simplement $e = 2\sqrt{\frac{F}{d}}$.

M. Gossart a cherché à vérifier ce fait important par divers procédés.

Il mesure au cathétomètre l'épaisseur d'une goutte d'un liquide en caléfaction dont la tension superficielle est bien connue à diverses températures ; cette mesure se fait aisément, car la goutte ne touchant pas la paroi, on aperçoit toujours nettement entre la goutte et la plaque un trait lumineux qu'il est facile de pointer. La comparaison de l'épaisseur ainsi mesurée et de celle calculée par la formule confirme l'hypothèse fondamentale.

Il fait, pour ainsi dire, le *portrait géométrique* de la goutte, le calcul permettant de connaître la forme qu'elle doit prendre, puis il la photographie : les deux images, ramenées aux mêmes dimensions, se superposent très exactement.

On peut, enfin, déduire de la théorie le poids d'une goutte de contour donné et peser, d'autre part, la goutte caléfiée; ce dernier procédé est, on le conçoit aisément, assez difficile à employer.

L'angle de raccordement est donc bien constamment nul. Ces expériences sont absolument probantes; un autre point, très important aussi, était à vérifier. Dans les calculs, dont on applique les résultats, on admet essentiellement que la tension superficielle du liquide est la même en tous les points, ce qui suppose implicitement que la goutte se trouve à une température uniforme et que l'atmosphère ambiante est partout identique: M. Quet (1) a montré, en effet, théoriquement que la vapeur exerce une action capillaire sur le liquide et les belles expériences de M. Wolf (2) ont établi l'influence des variations de température sur la tension superficielle. Mais, dans l'espèce, ces causes d'erreur ne sont pas bien considérables et la discussion des expériences prouve qu'on les peut négliger.

Il est nécessaire de connaître exactement la température des gouttes caléfiées; on sait, depuis de nombreux expérimentateurs, qu'elle est toujours légèrement inférieure à la température d'ébullition du liquide sous la pression environnante. M. Gossart a voulu vérifier le fait en opérant des mesures sous des pressions variables; à cet effet, il produit le phénomène de la caléfaction sous la cloche d'une machine pneumatique; de telles mesures entraînent nécessairement d'assez grandes complications expérimentales. Malheureusement, faute de matériel suffisant, il n'a pu, pour mesurer les températures, employer des pinces thermo-électriques et a dû recourir à des thermomètres à mercure dont la masse est un peu trop considérable et qui peuvent facilement s'échauffer par suite du rayonnement provenant de la plaque métallique; il a pu, néanmoins, constater que les températures des liquides en caléfaction sont toujours inférieures aux températures d'ébullition régulière correspondantes et que l'écart croît avec la température.

Dans la dernière partie de sa thèse, l'auteur résume des expériences entreprises pour mesurer la tension superficielle d'un grand nombre de liquides à leurs températures de caléfaction à l'air libre; il s'est servi uniquement du procédé de mesure de l'épaisseur par le cathétomètre; pour calculer la tension F par la formule, il est nécessaire de connaître, en outre, la densité d des liquides considérés à la température de l'expérience; M. Gossart a utilisé les nombres obtenus par Isidore Pierre, le regretté doyen de la Faculté des sciences de Caen. Parmi les résultats obtenus, signalons les suivants : les cinq premiers alcools ont et gardent, à toutes températures, sensiblement la même tension superficielle, et il en est de même des éthers éthyliques des acides gras.

En résumé, le travail de M. Gossart fournit une interprétation rigoureuse de phénomènes sur lesquels on avait des idées encore un peu vagues ; il donne, en outre, un procédé très intéressant pour mesurer la

(1) Voir par exemple : Jamin et Bouty. *Cours de physique*, t. II, 2e fasc., p. 212.

(2) M. Gossart montre que pour une goutte circulaire d'un diamètre quatre fois plus grand que la hauteur, les conditions théoriques sont réalisées avec une très grande approximation ; si la goutte n'est pas circulaire, elle prend une forme allongée, et les mêmes équations représentent son profil transversal.

(3) En particulier par Quincke, Pogg. Am. CV, 1. M. Lippmann (*Comptes-rendus des séances de la société de physique*, 4 déc. 1885) a décrit une ingénieuse disposition pour éviter les inconvénients de la mesure de θ.

(4) Supplément au livre X de la *Mécanique céleste*. M. Gossart montre cependant par une ingénieuse application de la méthode stroboscopique qu'il y a contact intermittent de certains points de la goutte avec la plaque, mais ces contacts de très courte durée ne troublent pas les mesures.

(1) Rapport sur le progrès de la capillarité.

(2) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, XL, IX, 230.

tension superficielle des liquides au voisinage de leurs points d'ébullition.

Lucien Poincaré.

Kruss (Gerhard) et **Schmidt** (F. W.). — **Recherches sur le cobalt et le nickel.** *Berichte der deutschen chemischen Gesellscchft*, 22 p. 2026 à 2028.

Les auteurs pensent que le produit décrit comme de l'oxyde de nickel pur renferme en réalité un nouvel oxyde qu'ils cherchent à isoler. Ils sont partis d'un nickel soigneusement débarrassé de fer, de manganèse et de magnésium et dans lequel aucun réactif ne permettait de déceler la présence d'un métal connu.

Ce nickel peut, par des précipitations fractionnées à l'état d'arsénite basique de nickel et d'ammoniaque, être divisé en deux parties dont l'une possède un poids atomique compris entre 56 et 58, inférieur à celui admis pour le nickel (58,6, d'après Zimmermann) et l'autre un poids atomique supérieur, voisin de 61. Il en résulterait que le poids atomique 58,6 du nickel ne doit pas être adopté d'une manière définitive et que *ce métal est peut-être un mélange de deux ou de plusieurs métaux.*

MM. Krüss et Schmidt se réservent l'étude de cette question et ont commencé des recherches analogues sur le cobalt.

Henri Gautier.

3° Sciences naturelles.

Marage (R.). — **Anatomie descriptive du Sympathique chez les oiseaux.** 6 pl. *Annales des sciences naturelles*, t. VII, 1889, p. 1 à 72.

Dans l'échelle animale les Oiseaux représentent des formes intermédiaires entre les Reptiles et les Mammifères. Tandis que le système sympathique est encore uni au système cérébrospinal chez les Reptiles, celui des Oiseaux tend, d'une façon marquée, à l'individualité, surtout chez les Rapaces, qui forment la transition aux Mammifères. Chez ces derniers les deux systèmes sont complètement distincts : sympathique et nerfs cérébrospinaux.

A. E. Malard.

Beaunis (H.). — **Les Sensations internes**, un vol. in-8° de la Bibliothèque internationale, Paris, Alcan, 1889.

De toutes les sensations, les plus difficiles à étudier sont celles qui relèvent de la sensibilité générale. Dans la vie normale, elles passent presque inaperçues, précisément parce qu'elles sont incessantes, et que leur intensité varie peu. Aucun organe spécial ne leur étant affecté, elles ont jusqu'alors presque entièrement échappé à l'investigation expérimentale. C'est pourquoi M. Beaunis s'attache surtout à montrer le parti qu'on peut tirer de l'observation clinique pour les étudier. Dans certains états pathologiques, il arrive en effet qu'elles atteignent un haut degré d'acuité: telle est, par exemple, la sensibilité de l'intestin, qui chez l'homme sain est fort obscure. M. Ribot, dans de magistrales études, avait déjà mis en lumière les troubles qu'apporte dans notre état sensitif l'altération de quelques-uns de ses facteurs. Ces maladies de la personnalité permettent, pour ainsi dire, de la disséquer et d'en isoler les éléments.

M. Beaunis applique cette méthode à l'analyse de nos sensations internes. Il traite d'abord de celles qui se manifestent à intervalles réguliers, comme la faim et la soif, accompagnées chaque fois d'un même état de la conscience. Puis il passe en revue divers ordres de sensations fort peu étudiées jusqu'à présent. Citons notamment les pages qu'il consacre au sens de l'existence, qu'entretiendrait en nous une sorte d'intégration de facteurs sensoriels infinitésimaux.

Pour ce qui est des sens dits de l'orientation, du magnétisme et de la durée, M. Beaunis se borne à indiquer les faits qui semblent s'y rapporter, mais les considère comme trop incomplets pour autoriser une tentative d'explication. — Enfin le plaisir et la douleur, analysés par les procédés de la physiologie, conduisent l'auteur à voir en eux comme une résultante de toutes nos sensations. Par une suite de considérations ingénieuses il essaie de rattacher à la sensibilité physique tous les états émotionnels de l'esprit, même la douleur morale.

Tous ceux qu'intéressent ces délicats problèmes en trouveront, dans le savant ouvrage de M. Beaunis, une critique très renseignée, jointe à une grande finesse d'aperçus.

L. O.

4° Sciences médicales.

Delbet (P.). — **Recherches expérimentales sur le lavage du péritoine.** *Annales de gynécologie*, septembre 1889, t. XXXII, p. 165.

A une époque où le lavage du péritoine entre franchement dans la pratique d'un certain nombre d'ovariotomistes [Bantock, dans sa dernière centaine de laparotomies (*The Brit. gynæc J.* 1889-90, p. 343), y a eu recours cinquante fois], il était intéressant de préciser les différents phénomènes physiques et biologiques qui accompagnent ce lavage; c'est ce qu'a tenté de faire M. Delbet dans une série d'expériences sur des chiens.

Dans la première partie de ses recherches, il s'est proposé de préciser les diverses conditions mécaniques du lavage du péritoine. Les trois conclusions qui ont trait à ces conditions mécaniques sont les suivantes: 1° Le liquide employé en lavage se répand dans toute la cavité péritonéale. — 2° Il est difficile, peut-être impossible de débarrasser complètement par le lavage le péritoine des substances étrangères qui ont pénétré dans sa cavité. — 3° Après le lavage, il reste toujours dans le péritoine une quantité notable de liquide, qui occupe le petit bassin, les fosses iliaques, les fosses lombaires.

Dans une seconde partie, il s'occupe des conditions biologiques du lavage. Il conclut de nombreuses expériences faites sur des chiens atropinisés, chloroformés, curarisés, que le lavage du péritoine dans les limites thermiques de 18° à 50° n'a, sur la respiration et sur la circulation, que des influences insignifiantes ou nulles; et qu'il n'expose à aucun danger de ce côté. L'action hémostatique des lavages à haute température paraît à l'auteur au moins douteuse. — Il aborde ensuite la question importante de l'absorption par le péritoine pendant le lavage. Voici la conclusion de ce chapitre : La quantité de liquide absorbé dans les premières minutes du lavage est considérable. Lorsqu'on emploie la solution de chlorure de sodium à 7 p. 1000, on obtient ainsi une véritable transfusion indirecte. L'auteur ayant constaté par des dosages de l'hydratation du sang que l'absorption, d'abord très considérable, diminue rapidement au point de devenir à peu près nulle quand la quantité d'eau contenue dans le sang a atteint un certain taux, s'est demandé si l'on ne pourrait pas profiter de ce moment pour laver le péritoine avec des solutions toxiques sans danger d'intoxication. Dans une série d'expériences faites avec des solutions de strychnine, il est arrivé à démontrer d'une manière saisissante la réalité de cette hypothèse : d'où sa septième conclusion que voici in-extenso : Il est possible de laver le péritoine avec des substances toxiques sans danger d'intoxication. Il faut pour cela faire précéder le lavage toxique d'un lavage de dix minutes de durée avec la solution salée à 7 p. 1000, et le faire suivre d'un troisième lavage avec la même solution pour débarrasser le péritoine de l'excès de substance toxique.

Dr Hartmann.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 13 janvier 1890

1° Sciences mathématiques

M. **Emile Picard** : Sur l'emploi des approximations successives dans l'étude de certaines équations aux dérivées partielles.

2° Sciences physiques

MM. **Ed. Sarasin** et **L. de la Rive** : Résonance multiple des ondulations électriques de M. Hertz. — M. **Cornu** : Observations relatives à la communication précédente. (Voir plus loin aux *Nouvelles*.) — M. **Alphonse Berget** a déterminé la conductibilité thermique de divers métaux au moyen de sa méthode ; comparant ces conductibilités aux conductibilités électriques déterminées sur les mêmes échantillons par la méthode du pont double de Thomson, il trouve que la loi de proportionnalité des deux conductibilités n'est exacte qu'approximativement. — M. **P. van Berchem** a repris, pour les dissolutions gazeuses, les recherches que M. Ludwig et M. Soret avaient faites sur les solutions salines. Ces recherches ont montré que si deux parties de la solution sont portées à des températures différentes, la concentration s'accroît dans les parties froides. L'auteur montre qu'il en est de même pour les solutions d'acide chlorhydrique et celles d'ammoniaque. — M. **Lecoq de Boisbaudran** a étudié quelques nouvelles fluorescences données par la samarine et les terres Zα et Zβ dans divers dissolvants solides. Il montre que quelquefois la calcination modifie entièrement le spectre de fluorescence d'un composé. — M. **L. Pigeon** a déterminé la chaleur de formation du chlorure de platine anhydre, qu'il obtient en décomposant à 360° dans une atmosphère de chlore l'acide chloroplatinique. Le chlorure de platine anhydre est dissous dans l'acide chlorhydrique, et la chaleur dégagée par cette réaction, déduite de la chaleur de formation de l'acide chloroplatinique, donne pour $PtCl^4$ 59 Cal, 8 — M. **Besson** a obtenu la combinaison de l'hydrogène phosphoré gazeux bien sec avec le fluorure de bore, en faisant réagir ces corps à une température inférieure à 0,30° ; il a combiné aussi ce même gaz au fluorure de silicium en ajoutant une forte pression à la réfrigération. — M. **Aimé Girard** rectifie les chiffres qu'il avait donnés en 1873 pour les pouvoirs rotatoires de la matezite et du matezo-dambose. — MM. **Maquenne et Tanret**, qui avaient fait connaître l'existence d'une inosite dextrogyre et d'une inosite levogyre, ont obtenu par le mélange de ces deux corps à parties égales, une troisième inosite (*racémo-inosite*) différant des deux premières par une constante physique et inactive dans la lumière polarisée.

3° Sciences naturelles

M. **Edouard Heckel**, étudiant la germination de diverses graines contenant des alcaloïdes, a constaté que ces alcaloïdes (strychnine, brucine, daturine, caféine, etc.) sont transformés et utilisés par la plantule pour son développement. Il apparaît du nitrate de potasse. — M. **A. Giard**, à propos du travail présenté par M. Roule à l'Académie en 1889, rappelle que, dès 1876, il avait rapproché les Mollusques des Annélides et créé un phylum des *Gymnotoca* comprenant à la fois les Vers et les Mollusques. — M. **Léon Vaillant** signale plusieurs espèces de poissons, désignées indistinctement à l'île de la Réunion sous le nom de *Bichique*, dont le fretin présente des montées pareilles à celles de l'anguille. Au moment de la montée, depuis un siècle au moins, ces poissons sont capturés en quantité considérable, sans qu'il paraisse y avoir eu la moindre diminution dans leur abondance. — M. **A. Vayssière** a pu observer à l'état frais quelques échantillons du *Prosopistosma variegatum* qui lui ont été envoyés de Madagascar par M. Sikora ; il signale les particularités de cette espèce rare. — M. **Salomon Reinach** établit par des considérations philologiques que la notion d'éruptions volcaniques en France au v^e siècle de notre ère repose sur une fausse interprétation des textes de l'époque.

Séance du 20 janvier 1890

1° Sciences mathématiques

M. **Zaremba** : Sur l'intégration d'une équation aux dérivées partielles. — M. **de Jonquières** : Note sur un point fondamental de la théorie des polyèdres. — M. **C. Guichard** : Détermination des congruences, telles que les lignes asymptotiques se correspondent sur les deux nappes de la surface focale. — M. **M. Hamy** : Sur la théorie de la figure des planètes. — M. **G. Leveau** : Éphémérides pour la recherche de la comète périodique de d'*Arrest* à son retour de 1890. — M. **D. Eginitis** : Observations de la comète Swift, faites à l'observatoire de Nice avec l'équatorial de 0^{m}38. — M. **Rud. Wolf** : Sur la statistique solaire de l'année 1889 (comparaison avec les variations magnétiques).

2° Sciences physiques

M. **A. Leduc,** qui avait d'abord étudié les variations de la résistance électrique du bismuth placé dans un champ magnétique, en négligeant les influences de la température, s'est aperçu que celle-ci est assez considérable et il l'a calculée. — M. **Ch. Antoine** a calculé la compressibilité de l'azote jusqu'à 3,000 atmosphères. — M. **H. W. Bakhuis Rooyeboom** montre que les faits curieux observés par M. **Joannis** sur la dissociation du sodammonium sont un cas particulier d'une loi qu'il a posée en étudiant les conditions de l'équilibre entre le chlorure de calcium et l'eau. — MM. **J. L. Soret** et **Alb. Rilliet** ont étudié l'absorption des rayons ultra-violets par quelques corps de la série grasse ; ils ont vu que de très petites proportions d'impuretés dans ces corps font varier considérablement leur pouvoir absorbant pour cette partie du spectre. — M. **E. Doumer** montre, par un certain nombre de déterminations expérimentales, que les sels doubles obéissent à la loi qu'il a déterminée pour les sels simples, à savoir que le pouvoir réfringent moléculaire d'un sel est proportionnel au nombre de valences de la partie métallique d'un sel. — MM. **Berthelot** et **P. Petit** ont formé et étudié les oxydes de divers graphites pour déterminer la façon dont le carbone est polymérisé dans ces graphites. Ils ont, en outre, déterminé les chaleurs de formation et de combustion de ces oxydes. — M. **Ph. A. Guye** montre qu'il existe une relation fixe entre le pouvoir réfringent moléculaire d'un corps et l'une des constantes de l'équation par laquelle M. Van der

Waals rend compte des phénomènes du point critique; il en tire des conclusions pour l'étude de la constitution moléculaire du corps au point critique. — M. **J.-A. Le Bel**, pour déterminer la constitution intime du chlorure ammonique, s'est adressé aux chloroplatinates des dérivés de substitution de ce corps; arrivé à l'isobutyltriméthylammonium, il a obtenu un dimorphisme évident, et ainsi prouvé l'existence de l'isomérie dans ces dérivés. — M. **Raoul Varet**, poursuivant ses recherches sur les réactions entre les sels de cuivre et les cyanures métalliques, a trouvé que l'action des sels oxygénés est différente sur le cyanure de zinc, d'une part, et sur les cyanures de cuivre et de mercure, de l'autre; ces cyanures semblent donc avoir une constitution particulière. — M. **A. Haller** : Sur les différentes bornylphényluréthanes gauche, droite et racémique et les isobornylphényluréthanes.

3e Sciences naturelles

M. **Berthelot**, à propos de la communication faite par M. **Heckel** dans la dernière séance, fait remarquer la similitude et la connexité qui existent, au point de vue de la nitrification, entre la vie des microbes habitant la terre et celle des microbes qui s'inoculent et se développent dans les plantes. — MM. **C. Chabrié** et **L. Lapicque**, étudiant l'action physiologique de l'acide sélénieux, ont montré que ce corps : 1° met obstacle aux fermentations s'il est en quantité suffisante, sinon il est réduit par les microorganismes; 2° est très toxique pour les animaux supérieurs, qu'il tue par un processus initiatif général. — M. **Paul Pelseneer** montre que le quatrième orifice palléal qu'on observe chez certains Lamellibranches, est morphologiquement destiné à livrer passage au byssus. — M. **Pierre Viala** a étudié le parasite qui produit le *Pourridié* de la vigne; son évolution doit le faire ranger dans un genre spécial du groupe des Tubéracées. — M. **L. de Launay** expose les résultats de ses recherches microscopiques sur la structure des roches de l'île Metelin.

L. Lapicque.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 14 janvier 1890

M. **Péan** montre une femme de 32 ans chez laquelle, il y a 14 mois, il a enlevé à six semaines d'intervalle 1° les deux maxillaires supérieurs, les malaires, le sphénoïde; 2° le maxillaire inférieur, envahis par des ostéo-fibrômes causés par des hétérotopies dentaires. Cette opération, faite à la prière de la malade

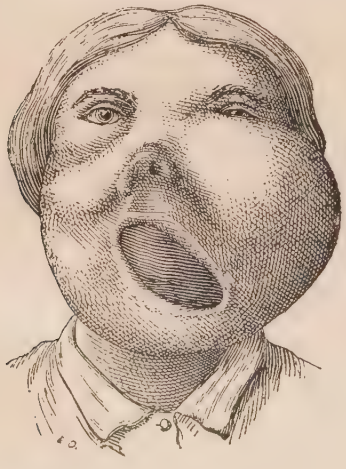

Fig. 1. — Avant l'opération.

Fig. 2. — Après l'opération.

sur le point de succomber, est *unique* dans la science. Les conséquences en ont été des plus heureuses; les déformations et troubles fonctionnels qui en avaient résulté ont pu être corrigés par des appareils ingénieux de prothèse.

M. **Berger** présente une petite fille de huit mois, à laquelle il a extirpé une encéphalocèle de la région occipitale, grosse comme un petit œuf. La tumeur, malgré ses petites dimensions, renfermait des tissus analogues à ceux de la plupart des parties constituantes de l'encéphale. L'encéphalocèle n'est donc pas due simplement à une hydropisie ventriculaire (Spring), mais se forme de toutes pièces en dehors du crâne, est le degré inférieur de l'exencéphalie d'Is. Geoffroy Saint-Hilaire. — Le diagnostic de la *variété* d'encéphalocèle est toujours obscur. — Le seul traitement est l'extirpation.

M. **Lagneau**, traitant du surmenage et de la sédentarité dans les écoles, voit deux obstacles aux réformes projetées : 1° chaque professeur s'oppose à la réduction de sa spécialité (d'où 8 à 10 heures de travail au lieu de 7, 8, 9, de 11 à 17 ans); 2° manque d'entente entre les administrations rédigeant les programmes d'admission aux grandes Ecoles, etc., etc., et l'Université chargée de la préparation. — M. **Brouardel** montre que l'Université ne s'arrêtera certainement pas dans la voie des réformes où elle est entrée d'elle-même.

Séance du 21 janvier 1890

M. **Chauvel** présente deux observations de carie costale survenue après ouverture d'abcès du foie entre les : *a*) septième et huitième, *b*) sixième et septième côtes. La carie, l'ostéite chroniques ont dû être produites par le contact d'un pus irritant et ont entraîné la formation d'un trajet fistuleux, indéfiniment persistant. En pareil cas, le traitement doit consister : à inciser le trajet, enlever les parties osseusses altérées, après avoir reséqué au besoin une côte saine pour se faire du jour, gratter les parois et laisser le bourgeonnement combler la perte de substance.

M. **Terrillon** présente l'observation d'un malade atteint de rétrécissement de l'œsophage, depuis huit mois nourri par une fistule stomachale (gastrostomie). En raison de l'irritation très douloureuse de la fistule, il tente la dilatation de l'œsophage, sous le chloroforme, en introduisant le doigt dans le cardia par la fistule. Impossibilité. Mais, quelques jours après, il peut passer, de haut en bas, une fine bougie; le cathétérisme de bas en haut devenait possible; quelque

temps après, la perméabilité de l'œsophage était complète. Oblitération de la fistule stomachale en deux temps. Guérison.

M. Albert Robin lit un travail du professeur **Renaut** (de Lyon) sur la « fausse imperméabilité » de certains reins brightiques, et « la thérapeutique de l'urémie comateuse ». Dans la majorité des néphrites interstitielles la plus grande partie des glomérules reste perméable. Le défaut de perméabilité du rein tient à un œdème causé par un réflexe d'origine bulbo-cerébrale ayant pour point de départ un empoisonnement subaigu des centres, par la toxine accumulée en même temps que l'urée dans l'organisme. Que, sous certaines influences, l'œdème devienne complet, il y a attaque d'urémie. Après celle-ci le rein peut recupérer sa perméabilité comme l'attestent les doses considérables d'urée éliminées les jours suivants. Donc le traitement doit consister : 1° à éviter l'accumulation des toxines par une alimentation laissant le moins possible de résidus (lacto-végétale, œufs, viande de porc, etc.); 2° à entretenir la perméabilité du rein par la décongestion systématique (ventouses sèches, applications discrètes de sangsues). Dans le cas d'attaque d'urémie : 1° décongestion rénale par saignée générale et applications locales, réitérées de sangsues; 2° augmentation de la tension vasculaire par l'ingestion de liquides par la bouche et surtout en lavement; 3° suractivité imprimée aux combustions interstitielles par l'inhalation continue d'oxygène.

En raison de l'importance des débats relatifs à la *Prophylaxie* de la *Tuberculose*, nous publierons après le vote un article d'ensemble résumant la discussion.

Dr E. De Lavarenne.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 18 janvier 1890

M. **Ch.-E. Quinquaud**, dans trois notes successives : 1° précise la méthode à employer pour étudier l'activité respiratoire (qu'il appelle capacité respiratoire) des divers tissus; 2° établit à ce point de vue une hiérarchie des tissus, dans laquelle le muscle est le plus actif et le sang le moins actif; 3° montre que l'absorption d'oxygène peut servir à déterminer le moment où commence la putréfaction d'un tissu. — M. **Et. Colas** établit deux périodes dans l'action de la nicotine sur le cœur et les vaisseaux : dans la première, il y a un ralentissement du cœur dû à une action directe sur les ganglions intra-cardiaques; dans la seconde, la force du cœur est augmentée et la pression monte malgré une vaso-dilatation. — MM. **Charrin** et **Roger** ont constaté que la fatigue augmente la réceptivité des animaux pour les maladies infectieuses. Inoculant des cultures charbonneuses à des rats blancs, dont les uns étaient obligés de marcher dans un cylindre rotatif, tandis que les autres se reposaient, ils ont constamment vu les premiers mourir beaucoup plus rapidement que les seconds, avec certaines doses même ceux-ci survivre, tandis que les premiers succombaient à l'infection. — M. **Fabre-Domergue** décrit un organisme parasite de l'*Hesione Stenstrupii* (annélides). — MM. **Edouard Boinet** et **A. Borrel** ont étudié des tumeurs lépreuses rapportées d'Hanoï par le premier d'entre eux. Cherchant à déterminer l'importance des cellules géantes de ces productions, ils ne pensent pas qu'on puisse leur accorder un rôle phagocytaire.

Séance du 25 janvier 1890

M. **Cadéac** a envoyé une note intitulée : Contribution à l'étude de la maladie pyocyanique. — MM. **Arthaud** et **Butte** ont étudié l'influence du système nerveux sur la sécrétion biliaire; pour eux, l'excitation du bout périphérique du vague sectionné ralentit la sécrétion; l'excitation du bout central l'accélère. — M. **Nicati** a envoyé une note sur la fonction sécrétoire de la couche choriocapillaire de l'œil. — M. **Laborde** entretient la Société des fonctions du cervelet.

L. Lapicque.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 19 janvier 1890

M. **Lippmann**. — *Force électromotrice et différence de potentiel dans les circuits induits.*

M. Lippmann insiste sur la distinction qu'il y a lieu d'établir entre les deux termes trop souvent confondus : *force électromotrice* et *différence de potentiel;* dans une communication antérieure M. Pellat avait déjà appelé l'attention de la Société sur ce point important. La considération des phénomènes d'induction fournit des exemples manifestant nettement la différence : on peut imaginer des courants produits par des forces électromotrices d'induction dans des circuits où le potentiel est partout le même. Une comparaison employée entre le courant électrique et un courant d'eau rend le fait facile à comprendre : un courant d'eau peut être produit par une *chute de niveau* analogue à la *chute de potentiel;* mais il est aussi loisible de supposer de l'eau en mouvement dans un tube parfaitement horizontal, le mouvement étant produit par quelque action mécanique jouant le rôle de *force électromotrice*. Dans les expériences de M. Eliuh Thomson, que tout le monde a vues dans la section américaine de l'Exposition, une bobine cylindrique et verticale est parcourue par des courants alternatifs; un anneau de cuivre est placé horizontalement; son centre étant sur l'axe de la bobine, il devient le siège de courants d'induction et cependant la parfaite symétrie du système suffit à démontrer que nulle part ne peut exister de différence de potentiel.

M. Lippmann termine cette intéressante communication, en montrant l'intérêt de la distinction établie pour la théorie des machines d'induction.

M. **Moissan** répète devant la Société ses belles expériences sur le *fluor*. La *Revue* leur consacrera prochainement un article spécial.

Lucien Poincaré.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 9 janvier 1890

1° Sciences physiques

J.-A. Fleming. — *Sur les décharges électriques entre des électrodes à différentes températures dans l'air et dans le vide approché.* Si l'on scelle une plaque métallique dans le globe de verre d'une lampe à incandescence, et si on la réunit par un galvanomètre sensible à l'électrode positive, il se développe dans le galvanomètre un courant de quelques milliampères. Lorsque la lampe est mise en action par un courant continu, la plaque métallique isolée est instantanément abaissée au potentiel de la base de la tige négative de charbon. Lorsque la plaque isolée et l'électrode positive sont unies par un galvanomètre, il se développe un courant qui s'accroît de 0 à 3 ou 4 milliampères, à mesure que le charbon arrive à l'incandescence. Quand la lampe est mise en action par un courant alternatif, un courant continu passe par le galvanomètre, qu'il soit en rapport avec l'électrode *positive* ou l'électrode *négative*. La tige négative de charbon est l'élément actif : si elle est entourée d'un tube de verre ou isolée de toute autre manière, il ne passe plus de courant. Le maximum d'effet se produit lorsque la plaque isolée est aussi voisine que possible de la base de la tige négative de charbon; l'effet devient très faible lorsque la plaque est éloignée de quatre ou cinq pouces.

2° Sciences naturelles

Sir J.-B. Lawes Baronet et le professeur **J. H. Gilbert** présentent une note sur de *Nouvelles expériences relatives à la question de la fixation de l'azote libre.* (MM. Hellriegel et Wilfarth étaient arrivés à cette conclusion que bien que les plantes à chlorophylle les plus élevées ne puissent pas utiliser directement l'azote libre de l'air, quelques-unes d'entre elles cependant peuvent fixer de l'azote qui est entré en combinaison sous l'influence d'organismes inférieurs.) Les expériences préliminaires ont été faites avec des pois, des lupins bleus et des lupins jaunes, semés dans différents terrains. Si la quantité d'azote dans la semence est de 1 au commencement de l'expérience, le gain total dans la plante est de 9.58, lorsque les graines ont été semées dans du sable lavé auquel on a ajouté les cendres de la plante; il est de 22.03 quand elles ont été semées dans de la bonne terre de jardin. Ce gain total, cependant, en tenant compte de tous les produits, est, si l'on estime l'azote initial comme égal à 1, de 2.98 dans un cas et de 1.08 dans l'autre. — M. **Oldfield Thomas** a constaté l'existence d'une *première dentition* complète, bien que rudimentaire, à la mâchoire supérieure de l'*Orycterope*, et sur une certaine longueur de la mâchoire inférieure. Cette observation étant faite sur un Edenté offre un certain intérêt pour la théorie de la descendance.

Séance du 16 janvier 1890

1° Sciences mathématiques

M. **J. H. Michell** : *Sur la théorie des directions des courants libres.* — L'objet principal de cette note est de donner une méthode générale pour la solution du problème des directions des courants libres dans des liquides soumis à un mouvement à deux dimensions, lorsque les surfaces qui les renferment sont planes. — Le professeur **Norman Lockyer** : *Sur la Raie principale du spectre des Nébuleuses.* L'auteur se sert du sidérostat pour observer le spectre des corps célestes, notamment celui de la nébuleuse d'Orion; il a comparé sa raie brillante principale avec le spectre donné par des substances terrestres. Cette raie coïncide avec la partie la moins réfrangible d'une des bandes du spectre de la flamme du magnésium; il est un peu moins réfrangible que la composante la moins réfrangible de la double raie de l'azote. M. Lockyer a fait en même temps une série d'expériences pour déterminer la longueur d'onde de la bande du magnésium qui coïncide avec la raie principale de la nébuleuse et de la raie de l'azote qui l'avoisine. La longueur d'onde de la bande du magnésium est de 5006,5, la longueur d'onde de la raie de l'azote, de 5005,1. La longueur d'onde trouvée pour la raie principale de la nébuleuse n'est pas éloignée de la moyenne des longueurs d'onde acceptées pour cette raie. La raie est indéfinie, à l'extrémité bleue, comme l'ont noté d'autres observateurs; on peut donc légitimement croire que cette raie est la trace d'une bande.

2° Sciences naturelles

M. A. W. Mayo Robson : *Observations sur l'excrétion et le rôle de la bile.* L'auteur rapporte le cas d'une femme de quarante-deux ans, chez qui s'était produite, à la suite d'une opération chirurgicale, une fistule biliaire, par où toute la bile s'est écoulée pendant quinze mois; pendant ces quinze mois, la malade s'est bien portée. Depuis lors, elle a été complètement guérie par une autre opération, qui a supprimé la fistule. En vingt-quatre heures, la quantité de bile sécrétée était de 29,98 onces; elle variait de 39,53 onces à 25,86 onces.

R. A. Gregory.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 17 janvier 1890

Le Dr **S. P. Thompson** fait une communication *sur les poudres électrisées*, et présente de belles expériences sur la production des figures de Lichtenberg. L'auteur a récemment recherché les conditions qui font varier ce phénomène et est arrivé aux conclusions suivantes : La nature du diélectrique ne change pas le caractère des figures produites, et la nature des poudres employées ne semble pas avoir non plus un effet bien important sur les images. Il fait observer l'importance du rôle joué par les aspérités du plateau, le *vent électrique* produit par les rugosités intervenant dans le phénomène. M. Thompson a constaté ce fait curieux que ce « vent électrique » est beaucoup plus considérable si le plateau est chargé négativement que s'il est, au contraire, chargé positivement; il appelle l'attention de la Société sur ce point et serait heureux de connaître les interprétations qu'on en peut donner. — Le professeur **Rücker** dit qu'il a récemment obtenu des figures provenant des décharges sur des plaques photographiques. On observe généralement que les décharges négatives produisent des plages rondes tandis que les positives donnent des réseaux enchevêtrés. Il fait aussi remarquer le caractère très nettement distinct des décharges positives ou négatives dans un vide partiel; des recherches sur ce sujet auraient évidemment une grande importance. — Le professeur Adams rapproche ces faits d'un autre bien connu : il est plus difficile d'isoler une charge d'électricité négative, qu'une charge égale d'électricité positive. — Le professeur Ayrton lit un *mémoire sur les galvanomètres*, par MM. **Ayrton, T. Mather** et **W. E. Sumpner** : Dans l'organisation du laboratoire de physique de l'Institution centrale de la Cité, les auteurs ont eu occasion d'expérimenter des galvanomètres de type très variés. Ils se sont demandé si les galvanomètres pour avoir leur sensibilité maxima devaient ou non être rendus astatiques; la question a été résolue : ils doivent être astatiques pour être moins affectés par les variations perturbatrices du champ magnétique extérieur; on a déterminé avec soin la meilleure manière de placer sur le fil le miroir servant à la lecture de la déviation. Quand on mesure des quantités d'électricité en se servant du galvanomètre comme galvanomètre balistique, on lit la première impulsion de l'aiguille, et l'on corrige d'ordinaire par un calcul compliqué le nombre obtenu, si la déviation est un peu grande; les auteurs donnent une table de réduction pour les différentes valeurs de cette déviation. Les fils et les bornes sont isolés avec des soins tout particuliers déjà décrits par le professeur Ayrton. On remarque que les instruments ordinaires diffèrent entre eux de 2° environ, si l'on considère les angles comme proportionnels aux intensités; le galvanomètre du type d'Arsonval par exemple s'écarte de cette proportionnalité quelquefois d'une façon très notable; mais en ajoutant des pièces polaires courbes à l'aimant, on obtient une proportionnalité exacte à moins de 0.15 %, bien entendu dans des limites convenables (sur une échelle d'environ 30 pouces). Dans les usages pratiques, pour indiquer la sensibilité d'un galvanomètre, il convient de classer le nombre de degrés par microampère sur une échelle placée à une distance égale à 2,000 fois une division de cette même échelle. Une table contenant les constantes (résistance, sensibilité, coefficient de self-induction, dimensions des fils) des divers instruments étudiés, est jointe au mémoire et déposée sur le bureau. Il résulte de ces recherches que dans les meilleurs appareils à système astatique, la résistance doit être de 10 à 30 mille Ohms. A cause de l'heure avancée, la discussion relative à cette communication est remise à la prochaine séance.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 16 janvier 1890

J.-C. Tresh : *Nouvelle méthode pour doser l'oxygène dissous dans l'eau.* Le procédé est basé sur ce fait que, en l'absence de l'oxygène, l'acide azoteux et l'acide iodhydrique réagissent pour former de l'iode, de l'eau et du bioxyde d'azote. En présence de l'oxygène, le bioxyde d'azote est de nouveau oxydé, et l'acide azoteux formé met en liberté une quantité d'iode équivalente à la quantité d'oxygène qui existait dans l'eau. En déduisant de l'iode total la quantité d'iode mise en liberté par l'acide azoteux introduit, on peut ainsi déterminer la proportion d'oxygène contenue dans l'eau examinée. L'iode est dosé au moyen d'une liqueur titrée d'hyposulfite de soude. — **F.-J. Lloyd** : *Note sur un lait de qualité anormale.* — **R.-H. Adie** : *Les sulfates d'antimoine.* L'auteur a étudié précédemment les composés formés par l'oxyde arsénieux et l'acide sulfurique. Il examine actuellement les combinaisons de l'acide sulfurique avec l'oxyde antimonieux. Les deux oxydes donnent des sels acides avec l'acide sulfurique fumant. Avec l'acide sulfurique monohydraté, on obtient les corps $Sb^2 (SO^4)^3$ et $As^2O (SO^4)^2$.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 19 décembre 1889

M. **du Bois-Reymond** lit un travail sur la polarisation négative interne des muscles.

Séance du 9 janvier 1890

M. **Fuchs** présente la suite de ses Contributions à la théorie des équations différentielles linéaires. — M. du Bois-Reymond présente un rapport de M. **Steiner**, de Cologne, sur ses études concernant le système nerveux central des Invertébrés.

Dr Hans Jahn.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 16 janvier 1890

Victor de Dautsches : Sur l'ellipse du plus petit périmètre passant par trois points donnés. — **Joseph Loschmidt** : Etudes stéréo-chimiques.

Le Président, M. **Stefan**, présente la suite de son mémoire, annoncé dans notre dernier numéro, sur les *Ondulations électriques dans les conducteurs rectilignes.* Voici l'analyse de l'ensemble de son travail :

La distribution d'un courant électrique dans un conducteur à trois dimensions, ou dans un ensemble de circuits dérivés se fait de telle façon que la quantité de chaleur dégagée conformément à la loi de Joule soit minima pour une intensité totale donnée; ce fait a été établi par Kirschoff dans le cas de conducteurs quelconques; mais il n'est vrai que s'il n'y a nulle part de force électromotrice dans les portions de circuit considérées.

Dans les courants d'intensité variable, tels que les courants périodiques, les forces électromotrices d'induction jouent un rôle considérable, si considérable même qu'elles font pour ainsi dire disparaître l'influence des valeurs différentes de la résistance sur la distribution électrique. On peut, dans beaucoup d'applications, supposer toutes les résistances nulles pour calculer cette distribution; c'est ce qu'a fait, pour la première fois, M. G. Lippmann.

De cette théorie, on déduit la proposition suivante : La distribution de l'intensité d'un courant variable se fait de telle façon que, pour une même intensité totale, l'énergie électro-dynamique du système est minima, ou, ce qui revient au même, l'énergie magnétique est minima. L'énergie électro-dynamique peut, en effet, être considérée comme de l'énergie magnétique résultant de l'aimantation du conducteur et du milieu environnant.

Si l'on a affaire à un conducteur rectiligne et de section circulaire, le courant se répartit naturellement d'une façon symétrique autour de l'axe et l'action à l'extérieur est la même que s'il était tout entier concentré sur cet axe même; l'énergie du milieu environnant est donc indépendante de la distribution; l'énergie totale devant être minima, il est évident que le courant doit se condenser en une couche indéfiniment mince, répandue sur la surface, car la force magnétique est alors nulle dans tous les points du conducteur, et l'énergie interne a sa valeur la plus faible possible. — Si le conducteur n'est pas circulaire, la répartition se fait encore comme celle d'une charge d'électricité statique sur le même conducteur.

Dans ses dernières expériences, M. Hertz a donné des preuves très concluantes de ce fait que les ondulations électriques ne pénètrent pas dans l'intérieur des conducteurs le long desquels elles se propagent, surtout quand le nombre des vibrations devient très grand.

Il est à remarquer que ces principes s'appliquent vraisemblablement au cas de chocs électriques très rapides, tels par exemple qu'un coup de foudre.

La vitesse de propagation d'une onde électrique dans un conducteur dépend de deux constantes, le coefficient de self-induction et la capacité de ce conducteur; la capacité ne varie pas avec la nature du conducteur, et, à cause du mode de distribution superficielle, l'énergie magnétique et le coefficient de self-induction doivent aussi être considérés comme indépendants de la constitution magnétique du conducteur, à condition, bien entendu, que l'on ait affaire à des courants très rapidement variables. Ce fait a été découvert par M. Hertz, mais il l'interprétait d'une façon plus compliquée.

Il résulte aussi des considérations précédentes que la vitesse de propagation est indépendante de la forme de la section; on démontre aisément que le produit du coefficient de self-induction par la capacité ne dépend pas de cette forme.

En résumé, on voit qu'on peut dans certains cas traiter les problèmes de distribution de l'intensité d'un courant électrique dans les conducteurs isolés et parallèles, par l'application de méthodes démontrées en électrostatique.

Émil Weyr,
Membre de l'Académie.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séance du 19 janvier 1890

Le Président annonce la mort du prince Amédée, frère du Roi, et lève la séance en signe de deuil.

Ernesto Mancini.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE TURIN

Séance du 12 janvier 1890

M. **Segre** présente pour l'insertion aux *Actes* : « Un nouveau champ de recherches en géométrie. » — M. Basso communique une monographie de M. **Righi** sur les forces élémentaires électro-magnétiques et électro-dynamiques. — M. Cossa présente, pour l'insertion aux *Actes*, deux mémoires de M. le Dr **L. Ganzino** : 1° « Recherches sur les phénols chlorobibromés et bromobichlorés »; 2° « Recherches sur les phénols métabichlorés et métabibromés. »

Dr Boschetti.

ACADÉMIE DE MÉDECINE VÉTÉRINAIRE DE TURIN

Séance du 12 janvier 1890

Dans une lettre au Président, M. **Collilanzi**, de Novare, décrit une épizootie spéciale qui sévit en ce moment sur les bœufs. — M. **Griglio**, de Palerme, envoie à l'Académie la description des ravages considérables que le *charbon* a causés en Sicile en 1889. M. le secrétaire général, Professeur **De Silvestri**, appelle l'attention de l'Académie sur l'urgence d'assurer le fonctionnement régulier du service vétérinaire, si souvent réclamé en Italie, mais que cependant le ministère n'a pu encore établir. — M. **Perroncito** répond qu'en sa qualité de Président de l'Académie, il a pris part aux délibérations y relatives et pu se convaincre des bonnes dispositions du gouvernement au sujet des mesures d'hygiène. Le Roi lui-même a rendu hommage au talent déployé par le Dr Bottero dans la lutte entreprise par ce savant, en faveur des vaccinations anti-charbonneuses en Italie. — M. le Président communique à ce sujet une lettre de M. **Pasteur**. Les sentiments exprimés à l'Académie par cet illustre parmi les illustres sont accueillis avec une respectueuse et reconnaissante émotion. — M. **Airoldi** entretient l'Académie de l'activité mise par l'*Institut Pasteur* de Turin au service des vaccinations anti-charbonneuses. Il prie M. le Président d'intervenir près de M. le Ministre de l'agriculture, au sujet du vaccin, que les vétérinaires ne cessent de réclamer, mais qu'on ne peut pas envoyer gratuitement. — M. **Boschetti** rend compte de l'heureux résultat des vaccinations pratiquées par lui à Villanova d'Asti avec le concours de M. le Dr **Sanaglia**. — M. **Bertacchi** décrit les analogies et les différences que présentent l'*Influenza* de l'homme et celle des animaux. — M. **Boschetti** développe, à ce sujet, ce qu'il avait déjà indiqué à la dernière séance : il faudrait étudier la maladie d'une façon comparative, car elle a l'air d'une maladie animale : en Autriche, Hongrie, Russie même en certaines villes italiennes, l'*Influenza* a fait son apparition simultanément chez l'homme et les animaux ; en Angleterre elle a frappé les chevaux avant l'homme. Presque tout le monde a été malade. Le contage encore inconnu de la maladie doit être bien virulent, car les bronchites et pneumonies qu'elle développe sont galopantes. Aussi serait-il dangereux de ne voir dans l'*Influenza* qu'une maladie bénigne. MM. les Professeurs Brouardel et Proust à Paris, tous les grands médecins et hygiénistes en Italie l'ont d'abord envisagée comme telle. Mais il faut se défier de l'optimisme en hygiène ; il tend à prévaloir dans les Académies et les conseils de l'Etat ; nous en voyons les conséquences en constatant la mort de tant de gens instruits, — médecins, artistes, professeurs, — qui ne se sont pas soignés. — M. **Massa** expose ses recherches sur le *Choléra des pigeons*. Il a observé d'abondantes hémorrhagies intestinales ; mais il a toujours constaté l'absence du pointillé décrit comme constitué par des colonies de microbes spécifiques de la maladie. — — M. **Massa** a découvert dans le fromage de Lodi un micro-organisme particulier, qui paraît chromogène. Ce microbe pullulant exclusivement dans la partie verte du fromage, l'auteur lui attribue la production de la matière colorante. Il poursuit ses recherches sur ce sujet. — M. **Perroncito** montre un cysticerque semblable au *C. Cellulosæ*, qui vivait à l'état de cystide dans le foie d'un singe ; puis un cœur de sanglier avec un Cystis d'*Echinococcus* dans le ventricule gauche. — M. **Baes** décrit un cas de dilatation énorme de la vésicule biliaire, provoquée par les distomes. Il a trouvé dans la vésicule les œufs de ces animaux.

Dr **Boschetti**,
Membre de l'Académie.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

G. A. HIRN

Notre chère Alsace pleure un de ses plus illustres enfants : Gustave Adolphe Hirn est mort à Colmar, le 14 janvier, à l'âge de 75 ans ; le défunt était chevalier de la Légion d'honneur, commandeur de la Rose du Brésil, officier de l'ordre de Léopold, membre correspondant de l'Institut de France, associé des académies de Belgique, du Danemark, de Madrid, de Stockholm, de Saint-Pétersbourg, de Bologne, de Rome, etc., etc. Malgré tant et de si glorieux titres, il aimait à rappeler qu'il était président de la Société d'Histoire naturelle de Colmar.

L'histoire de sa vie sera écrite, car elle est pleine de grands enseignements et de nobles exemples ; c'était un industriel, qui consacra avec désintéressement sa fortune, ses talents, son temps et sa vie tout entière aux études et aux recherches scientifiques. Né le 21 août 1815, au Logelbach, près de Colmar, il entra, à 19 ans, dans la fabrique d'impressions de son grand-père maternel, laquelle se transforma bientôt et devint une filature et un important tissage de coton, sous la raison sociale Haussmann, Jordan, Hirn et Cie. C'est là qu'il inventa, en 1850, le mode de transmission de l'énergie par cable télédynamique ; une puissance de trente-huit chevaux fut transportée, avec un rendement inespéré, à 240 mètres de distance par l'intermédiaire d'un cable métallique flexible, marchant à grande vitesse sur des poulies légères, de plus d'un mètre de diamètre. Le prix du transport d'un cheval-heure à 1,000 mètres ne dépasse pas $\frac{3}{10}$ de centime par ce procédé. Une semblable découverte pouvait enrichir l'ingénieur qui l'avait faite : Hirn préféra l'honneur à l'argent : il ne prit aucun brevet, autorisa tout le monde à l'imiter et donna libéralement tous les renseignements qu'on lui demandait.

Hirn laisse une œuvre scientifique considérable ; il fut ingénieur, mécanicien, astronome, physicien et philosophe.

On retrouve l'esprit pratique de l'ingénieur et le jugement du mécanicien dans toutes ses productions, mais son génie se révèle surtout dans quelques inventions plus heureuses, parmi lesquelles nous citerons celle du pandynamomètre de torsion et de flexion ; en déterminant l'angle de torsion d'un arbre ou la flexion d'un balancier, on mesure le travail avec une remarquable précision, dans les cas où l'emploi du frein de Prony serait impossible ou trop dangereux.

L'astronome a étudié les conditions d'équilibre et la nature des anneaux de Saturne ; il a apporté sa contribution aux théories proposées pour expliquer la production et l'entretien de la chaleur solaire.

Mais c'est surtout le physicien qui restera : son œuvre capitale est la *Théorie mécanique de la chaleur* et son nom ne pourra pas être séparé de ceux des immortels créateurs de cette science. Il y débuta, croyons-nous, en 1858, par ses *Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur*, qui furent couronnées par la Société de Physique de Berlin ; ses remarquables expériences sur le frottement et l'écoulement de l'eau, l'écrasement

du plomb et le forage du fer le conduisirent à assigner une valeur de 432 kilogrammètres à l'équivalent de la calorie ; le premier, il constata expérimentalement que dans une machine à vapeur il disparaît toujours une quantité de chaleur proportionnelle à la totalité du travail fourni ; il démontra ensuite que la même relation existe entre le travail dépensé et la chaleur produite dans l'organisme humain, assimilable, à cet égard, aux moteurs thermiques en général. Il formula des lois théoriques qui portent son nom : la loi de la détente isodynamique, effectuée sans variation de chaleur et sans production de travail externe, la loi qui établit la proportionnalité à la température absolue du produit du volume interatomique par la somme des pressions interne et externe, etc. ; il établit d'autres relations encore, qui sont exposées, un peu confusément peut-être, dans son magistral traité de la *Théorie mécanique de la chaleur*, dont la troisième édition parut en 1875.

Le physicien redevint ingénieur, quand il chercha à établir la théorie des machines à feu : il inaugura une méthode essentiellement expérimentale, qui devait faire connaître tous les phénomènes qui se passent dans l'intérieur des cylindres. Des ingénieurs et des savants lui apportèrent leur collaboration ; MM. Leloutre, Hallauer et Grosseteste de Mulhouse et Dwelshauvers-Dery de Liège l'assistèrent dans ses mémorables recherches, poursuivies de 1873 à 1878, avec un zèle infatigable, et c'est ainsi que fut mise en lumière l'influence thermique des parois sans laquelle on ne saurait se rendre compte rationnellement du fonctionnement des machines à vapeur. Les travaux de l'école alsacienne ont été critiqués, mais tous les esprits impartiaux s'accordent à reconnaître qu'ils feront époque dans l'histoire des moteurs thermiques.

Signalons encore à l'actif du physicien les travaux qu'il publia avec Cazin, *sur la détente des vapeurs surchauffées* (1866), un mémoire sur les *propriétés optiques de la flamme dans les corps en combustion* (1873), une *étude sur une classe particulière de tourbillons* (1878), une *étude sur le métronome* (1885), etc. et de nombreuses notices météorologiques et statistiques sur l'Alsace.

Arrivons au philosophe et au penseur qui se révèle dans les *Conséquences philosophiques de la Thermodynamique :* cet ouvrage important ne saurait être analysé ici, mais nous croyons pouvoir en faire ressortir l'idée dominante. Hirn se proposait de « réfuter le matérialisme et le panthéisme pour couronner le spiritualisme » : ce peu de mots suffit pour faire ressortir le but élevé de ce travail, dans lequel tout n'est pas à louer également, mais qui témoigne des hautes préoccupations de ce grand esprit. Il y enseigne que la force est un élément spécifique de l'univers, distinct de la matière ; il repousse avec énergie la théorie cinétique actuellement en honneur dans la science et en particulier la théorie des gaz. Pour appuyer son argumentation, il publia en 1884 un *Mémoire sur l'écoulement et le choc des gaz en fonction de la température*, qui souleva une vive controverse ; il y répondit par des brochures sur la *Cinétique moderne et le dynamisme de l'avenir* et sur la *Notion de force dans la science moderne*. Ces questions sont trop graves pour que nous nous permettions de nous y arrêter davantage dans cette courte notice.

Nous l'avons dit, l'œuvre de Hirn est considérable et cette longue et laborieuse carrière a été d'une remarquable ampleur et d'une admirable fécondité. Le savant a creusé un large et profond sillon dont on reconnaîtra longtemps la trace dans les diverses sciences qu'il a cultivées ; la gloire sera la première récompense de son labeur, mais son amour du bien et du vrai, sa bonté, son désintéressement, ses nobles vertus recevront, nous n'en doutons pas, une récompense plus durable encore.

Aimé Witz.

NOUVELLES

LA DISCUSSION RÉCENTE DES EXPÉRIENCES DE M. HERTZ

L'année qui vient de s'écouler a vu se créer de toutes pièces une fortune scientifique exceptionnelle. En 1888, M. Hertz était connu de ceux seulement qui suivent de près le mouvement des idées ; aujourd'hui, son nom est dans toutes les bouches ; beaucoup d'hommes de sens le placent au niveau des plus grands physiciens ; les Universités de Berlin et de Bonn se le disputent ; l'Académie des sciences de Paris vient de lui décerner le prix La Caze.

Anticipons un peu, afin de rendre justice au caractère de M. Hertz ; peu de gens sont moins *hertzistes* que lui, et c'est avec une parfaite modestie qu'au dernier Congrès des naturalistes allemands, il attribuait à Faraday et à Maxwell tout l'honneur des théories dont ses expériences n'avaient pour ainsi dire donné, selon lui, qu'une démonstration populaire.

Ce n'est point le moment de refaire l'histoire détaillée de la doctrine de l'*action du milieu*. Emise par Faraday, elle fut développée plus tard par Maxwell, qui trouva, dans certaines relations mathématiques et déterminations numériques, des preuves éclatantes de l'exactitude des vues de Faraday.

Maxwell alla plus loin ; dans son immortel *Treatise of electricity and magnetism*, il jeta les bases d'une doctrine merveilleuse, la *théorie électromagnétique de la lumière*. Comme on va le voir, le point de départ était simple, presque aussi simple que l'œuf de Christophe Colomb, mais pour le concevoir, il fallait se débarrasser de tout ce que l'on savait.

« En plusieurs passages de ce Traité, dit Maxwell, on a tenté d'expliquer les phénomènes électriques par une action mécanique transmise d'un corps à l'autre par l'intermédiaire d'un milieu qui remplirait l'espace compris entre les corps. La théorie ondulatoire de la lumière suppose aussi l'existence d'un milieu. Nous avons maintenant à montrer que le milieu électromagnétique a des propriétés identiques à celui qui propage la lumière (1). »

Maxwell démontre ensuite que la vitesse de propagation des perturbations électromagnétiques est égale au rapport v de l'unité électro-magnétique à l'unité électrostatique d'électricité. Or les mesures faites à l'époque où Maxwell écrivit son Traité permettaient déjà de comparer cette vitesse à celle de la lumière. Ces deux vitesses étaient exprimées par des nombres du même ordre de grandeur, sans que l'on pût encore affirmer leur égalité.

La question paraissait donc jugée ; pourquoi a-t-il fallu plus de vingt ans pour qu'elle entrât dans les notions courantes ? C'est probablement parce que l'étude du Traité de Maxwell ne peut être abordée sans de solides connaissances mathématiques et la ferme volonté de vaincre les difficultés. Cependant, chacun connaissait, au moins de nom, la théorie de Maxwell, et ne demandait qu'à être définitivement renseigné sur son exactitude. C'est à M. Hertz qu'était réservée la rare bonne fortune de rendre tangible, par des expériences faciles à répéter, la propagation des actions électriques. Il concentra toutes les curiosités. Des sociétés savantes, ses expériences passèrent dans les

(1) Maxwell, *Traité d'électricité et de magnétisme*, traduction de M. Seligmann-Lui, t. II p. 485 (Gauthier-Villars).

revues, puis dans les journaux quotidiens, faisant boule de neige d'enthousiasme.

Pour montrer que les actions électromagnétiques se propagent avec une vitesse finie, il fallait produire une action variable, et saisir sa variation dans l'espace. Nous essayerons de montrer de quelle manière le problème a été résolu.

Considérons un courant alternatif, produisant, dans l'espace environnant, un effet d'induction qui se propage avec une vitesse V, supposée d'avance peu différente de celle de la lumière. Si T est la période d'une oscillation complète, la longueur λ des ondes d'induction sera égale à VT. Pour une période de $\frac{1}{1000}$ de seconde, la longueur d'onde est de 300 kilomètres. On se proposait de mesurer une onde entière ou même plusieurs ondes : comme les effets d'induction ne peuvent être mesurés qu'à 15 ou 20 mètres au plus des appareils, il fallait à tout prix produire des oscillations beaucoup plus rapides.

Sir W. Thomson a démontré que, lorsqu'on réunit deux conducteurs chargés à un potentiel différent, il se produit, dans certaines circonstances, une décharge oscillatoire. La durée de l'oscillation dépend en particulier de la forme des conducteurs (capacité et auto-induction), et peut être rendue extrêmement rapide. Pour la réalisation expérimentale, il manquait encore un dispositif permettant d'établir un contact de très courte durée. Et voici où se place l'idée importante et absolument originale de M. Hertz : en faisant jaillir entre deux boules de métal poli une étincelle d'une *qualité* particulière, le circuit se trouvait fermé pendant un temps de l'ordre du milliardième de seconde. Certains appareils (excitateurs) ont été construits de manière à produire théoriquement des oscillations électriques dont la longueur d'onde n'excédât pas 30 centimètres. L'effet d'induction est constaté au moyen de l'étincelle qui jaillit dans l'interruption d'un fil métallique courbé en cercle; ce fil est un *résonateur*.

Muni de ce dispositif, M. Hertz étudie la réflexion de l'onde électrique sur une paroi métallique ; sa réfraction au travers d'un bloc d'asphalte ; sa concentration par des miroirs, sa propagation le long d'un fil. Tous les phénomènes de l'optique ou de l'acoustique sont imités par l'onde électrique. Devant un miroir plan, on constate des ondes fixes; le maximum d'intensité des phénomènes est dévié de la ligne droite par le passage des ondes dans un diélectrique. M. Hertz trouve, dans un fil, des ondes semblables à celles qui se produisent dans l'air ; elles ont une longueur parfaitement constante *pour un même excitateur*, et, en mesurant cette longueur dans un fil et dans l'air, M. Hertz est amené à déclarer que la vitesse des ondes électriques dans l'air est du même ordre que celle de la lumière. Ces expériences de M. Hertz furent bientôt répétées dans les principaux laboratoires de l'Europe; les préoccupations de l'Exposition, qui s'étendirent au loin, ne permirent pas de les faire avec tout le soin désirable; elles avaient plutôt partout le caractère d'expériences de démonstration. Le succès n'était pas toujours complet, ce qu'on attribuait à des défauts d'appareils, mal copiés pensait-on, sur ceux de M. Hertz. Cependant, dès l'abord, plusieurs difficultés se présentèrent. Telle étincelle est bonne, telle autre ne vaut rien; une bobine d'induction, employée pour charger l'excitateur, donne de bons résultats; on n'obtient rien avec une machine de Holtz. Par hasard, un tube de Geissler est un bon résonateur; cinq cents autres ne résonnent pas. A chaque nouvelle expérience se place un pourquoi auquel on ne trouve pas de réponse. Les esprits chercheurs demandent à être mieux renseignés, et attendent des détails plus précis sur les expériences concluantes.

La place dont nous disposons ne nous permet pas de nous arrêter plus longuement sur plusieurs points de détail qui sont loin d'être clairs; nous avons hâte d'en venir aux dernières nouvelles.

Il y a un mois, une commission de l'Académie des sciences fut chargée de décerner un prix pour *le meilleur travail sur la physique* fait dans les deux dernières années. Le prix fut décerné à M. Hertz, tout en faisant « des réserves formelles sur la valeur démonstrative de certains résultats ». Les membres de la Commission qui avaient insisté sur ces restrictions ne se croyaient pas si près de voir leurs craintes confirmées par l'expérience.

Le 13 janvier, M. Cornu a présenté à l'Académie une note de MM. Edouard Sarasin et Lucien de la Rive (de Genève), dans laquelle ces habiles expérimentateurs annoncent une *résonance multiple* et démontrent que la longueur d'onde observée dans un fil est étroitement liée au résonateur. Avec un même excitateur et des résonateurs variant du simple au double, ils trouvent des longueurs d'onde qui leur sont proportionnelles.

« Ce résultat, dit à cette occasion M. Cornu, est extrêmement grave pour la théorie de M. Hertz : en effet, le seul élément expérimental fixe et incontestable paraissait être la valeur de la longueur d'onde de la propagation électrique corrélative d'une période bien définie de l'excitateur.

« Nous apprenons aujourd'hui que cette longueur d'onde est variable avec l'appareil d'observation : la théorie de M. Hertz est alors enfermée dans un dilemme dont les deux termes sont également fâcheux : l'expérience montrant que $\lambda = VT$ est variable, ou bien c'est la période T qui n'est pas fixe et unique, conclusion contraire à l'hypothèse fondamentale, à l'idée originale de l'auteur; ou bien c'est le facteur V qui est variable avec l'explorateur, conséquence absurde, puisque V doit représenter la vitesse de propagation de l'induction, c'est-à-dire une constante spécifique.

« On voit qu'il est très prudent de procéder comme l'ont fait MM. Sarasin et de la Rive, c'est-à-dire d'étudier d'abord et avec précision la méthode expérimentale, très curieuse, imaginée par M. Hertz, avant de songer à la présenter comme une démonstration de l'identité de l'électricité et de la lumière ».

Avant même que les expériences de MM. Sarasin et de la Rive aient donné lieu à cette critique de M. Cornu, l'éminent physicien avait déjà formulé des doutes à l'égard des conclusions de M. Hertz.

Dès la première séance de la Société française de physique dans laquelle les expériences de M. Hertz furent fidèlement répétées par M. Joubert, M. Cornu montra un scepticisme marqué sur divers points, et en particulier sur le calcul de la période d'oscillation de l'excitateur. Aujourd'hui, M. Cornu répète que ce calcul repose « sur des bases contestables » ; peut-on, en effet, calculer la période de l'excitateur sans faire intervenir l'énorme capacité, l'auto-induction et la résistance très considérable de la bobine qui sert à charger l'excitateur? N'est-ce point là le motif des insuccès auxquels conduit l'emploi d'une machine de Holtz? C'est ce que de nouvelles expériences nous apprendront peut-être.

De quelque manière que l'on envisage la question, on reconnaîtra que la communication de MM. Sarasin et de la Rive commentée par M. Cornu constitue un gros événement scientifique. Sans attaquer les bases de la méthode de M. Hertz, ni les conclusions que l'on pourra en tirer, les faits récents amènent à penser que plusieurs détails importants de cette méthode ne pourront être considérés comme définitivement acquis à la Science que lorsqu'ils auront été soumis au crible d'une expérimentation nouvelle.

Ch.-Ed. Guillaume.

Le Gérant : Octave Doin.

Imprimerie F. Levé, rue Cassette, 17.